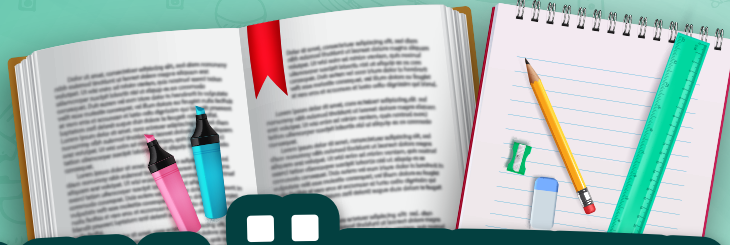




ORTAÖĞRETİM
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

MEBİ



KONU ÖZETLERİ

BİYOLOJİ

AYT

Zengin ve Anlaşılır İçerik

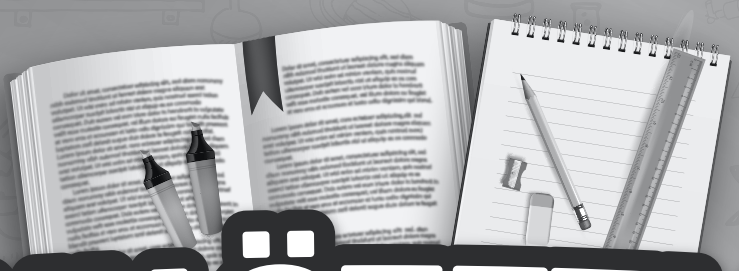
Hızlı ve Etkili Öğrenme

Görsel Destekli Anlatım



ORTAÖĞRETİM
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

MEBİ



KONU ÖZETLERİ

BİYOLOJİ

AYT

Zengin ve Anlaşılır İçerik

Hızlı ve Etkili Öğrenme

Görsel Destekli Anlatım

MEBİ AYT KONU ÖZETLERİ - BİYOLOJİ

ISBN 978-975-11-8467-2

Yazar KOMİSYON



Millî Eğitim Bakanlığı
Atatürk Bulvarı No: 98
Bakanlıklar / ANKARA

Tel: 0312 4132680
0312 4132681
0312 4131838

www.meb.gov.tr

Bu yayının tüm yayın hakları Millî Eğitim Bakanlığı'na aittir. Hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz veya kullandırılmaz. Bu kitabın ve kitapta yer alan içeriklerin ticari amaçla kullanılması, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Yasası'na aykırıdır. Aykırı davranışlar hakkında hukuki ve cezai her türlü başvuru hakkı saklıdır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastiğın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden îlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan îlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

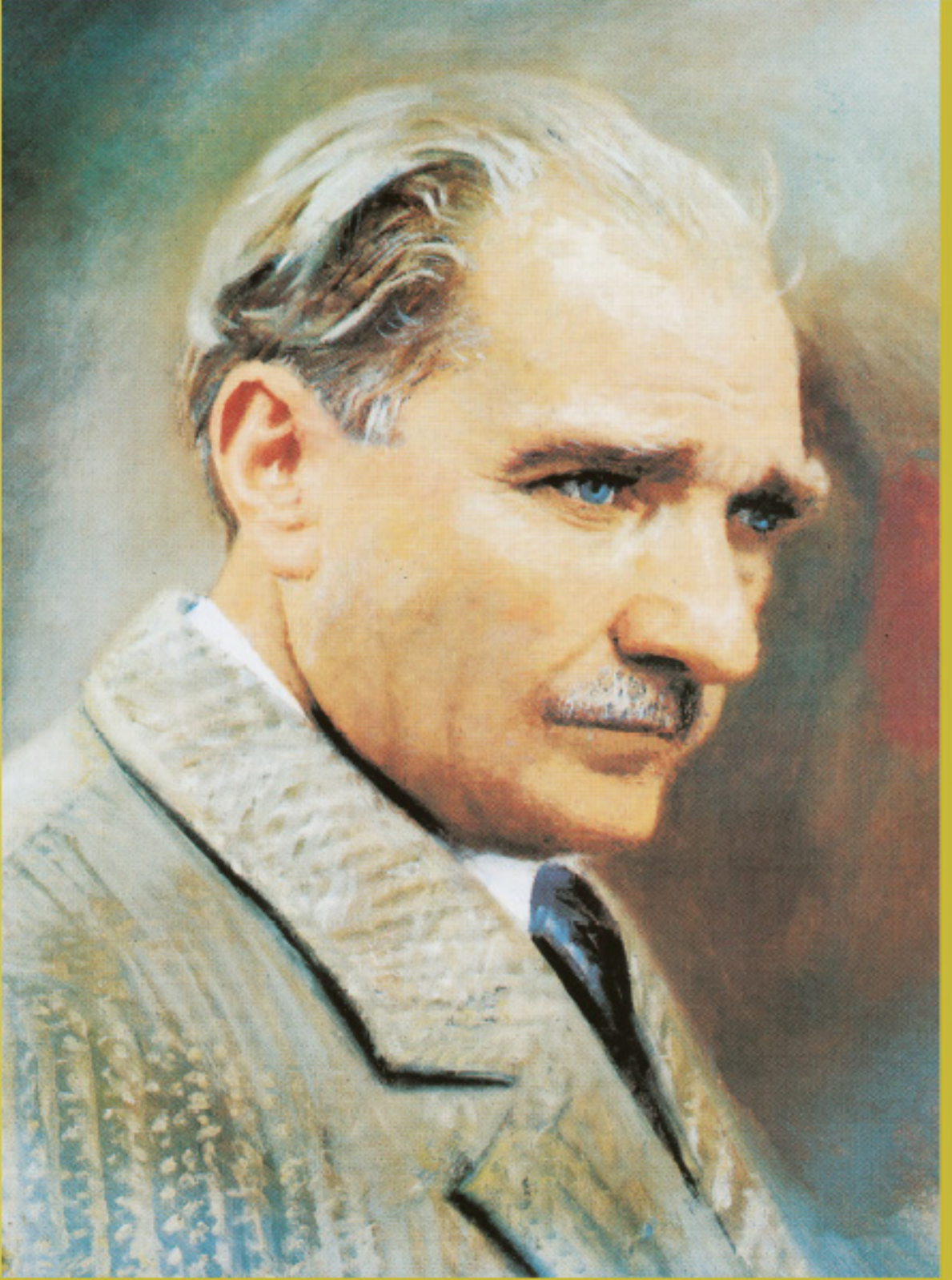
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namûsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

Sinir Sistemi

Sinir Doku	9
İmpuls Oluşumu ve Etkileri	11
Sinir Sisteminin Bölümleri, Merkezi Sinir Sistemi-Ön Beyin	14
Merkezi Sinir Sistemi-Orta Beyin, Arka Beyin, Omurilik	17
Çevresel Sinir Sistemi, Sinir Sinir Sistemi Rahatsızlıkları ve Sağlıklı Yapısının Korunması	19

Endokrin Sistem

Salgı Bezleri, Hormonların Genel Özellikleri ve Etkileri, Epifiz Bezi, Hipofiz Bezi	23
Tiroit Bezi, Paratiroit Bezi, Timüs Bezi	26
Böbrek Üstü Bezleri, Pankreas, Eşeyssel Bezler ...	29

Duyu Organları

Duyu Reseptörleri, Deri, Burun, Dil	32
Kulak	36
Göz	40

İskelet Sistemi

Destek ve Hareket Sisteminin Genel Yapısı, Kemik Doku ve Kemik Çeşitleri	45
Kıkırdak Doku ve Kıkırdak Çeşitleri, Eklemler	50

Kas Sistemi

Kas Doku ve Kas Çeşitleri	52
İskelet Kasının Kasılma Mekanizması, Kasılmanın Kontrolü, Enerji Metabolizması	55
Kas-İskelet İlişkisi, Destek ve Hareket Sistemi Rahatsızlıkları ve Sağlıklı Yapısının Korunması	59

Sindirim Sistemi

Sindirim Çeşitleri, Sindirim Sisteminin Genel Yapısı, Ağız, Yutak, Yemek Borusu	62
Mide, İnce Bağırsak, Kalınbağırsak	67
Sindirime Yardımcı Yapı ve Organlar-Tükürük Bezleri, Karaciğer, Pankreas	70
Besinlerin Sindirimi ve Emilimi, Sindirim Sistemi Rahatsızlıkları ve Sağlıklı Yapısının Korunması	72

Kan Dolaşımı

Dolaşım Sisteminin Genel Yapısı ve Görevleri, Kalbin Yapısı	77
Kanın Kalpteki Hareketi, Kalp Ritminin Kontrolü, Kanın Vücuttaki Dolaşımı	79

Kan Damarları, Kılcal Damarlar ve Doku Sıvısı Arasındaki Madde Alışverişi	83
Kan Doku	86

Lenf Dolaşımı

Lenf Dolaşımı, Dolaşım Sistemi Rahatsızlıkları ve Sağlıklı Yapısının Korunması	89
--	----

Bağışıklık Sistemi

Bağışıklık Sisteminin Genel Özellikleri, Doğal Bağışıklık	94
Kazanılmış Bağışıklık	96

Solunum Sistemi

Solunum Sisteminin Organları, Soluk Alıp Verme Mekanizması ve Kontrolü	98
Solunum Gazlarının Taşınması, Solunum Sistemi Hastalıkları ve Sağlıklı Yapısının Korunması	104

Üriner Sistem

Üriner Sisteminin Genel Yapısı, Görevleri ve Organları	109
Nefronun Yapısı ve İdrar Oluşumu	111
Homeostaside Böbreklerin Rolü, Üriner Sistem Rahatsızlıkları ve Sağlıklı Yapısının Korunması	117

Üreme Sistemi

Üreme Sisteminin Genel Yapısı, Erkek Üreme Sistemi	120
Dişi Üreme Sistemi	123
Menstrual Döngü	125
Döllenme, Üreme Sisteminin Sağlıklı Yapısının Korunması	128

Embriyonik Gelişim

Embriyonik Gelişim Süreci	130
---------------------------------	-----

Komünite Ekolojisi

Komünitenin Yapısına Etki Eden Faktörler, Komünitede Rekabet, Av-Avcı İlişkisi	135
Komünitede Simbiyotik İlişkiler, Komünitelerdeki Süksesyon	140

Popülasyon Ekolojisi

Popülasyon Dinamiğine Etki Eden Faktörler	144
---	-----

Nükleik Asitler

Nükleik Asitlerin Keşif Süreci, Nükleotitlerin Yapısı .	149
---	-----

Nükleik Asitlerin Çeşitleri ve Görevleri, Genetik Materyalin Organizasyonu	154
DNA' nın Kendini Eşlemesi	158
Genetik Şifre ve Protein Sentezi	
Genetik Şifre ve Protein Sentezinde Genetik Bilgi Akışı	161
Protein Sentezinin Mekanizması	162
Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji	
Genetik Mühendisliği-Biyoteknoloji Kavramları ve Uygulamaları	165
Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamalarının İnsan Hayatına Etkisi	169
Canlılık ve Enerji	
ATP Molekülü ve Fosforilasyon Çeşitleri	172
Fotosentez	
Fotosentezin Canlılar Açısından Önemi, Fotosentezde Rol Oynayan Ögeler	175
Fotosentez Reaksiyonları	179
Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler	182
Kemosentez	
Kemosentez	184
Hücre Solunum	
Hücre Solunumunun Önemi, Oksijenli Solunumun Genel Özellikleri ve Mitokondri	186
Oksijenli Solunumun Evreleri	187
Oksijensiz Solunum, Fotosentez ve Solunum İlişkisi	191
Fermantasyon	
Fermantasyon	194
Bitkisel Dokular	
Meristem Doku	197
Temel Doku	201
İletim Doku	204
Örtü Doku	206
Bitkisel Organlar	
Kök	209
Gövde	211
Yaprak	213
Bitki Hormonları	
Bitki Gelişiminde Hormonların Etkisi	215

Bitkilerde Hareket	
Bitki Hareketleri ve Fotoperiyodizm	218
Bitkilerde Madde Taşınması	
Köklerde Su ve Mineral Emilimi	223
Ksilemde Su ve Minerallerin Taşınması	225
Suyun Taşınmasında Stomaların Rolü	227
Floemde Fotosentez Ürünlerinin Taşınması	230
Bitkilerde Eşeyli Üreme	
Çiçeğin Kısımları ve Görevleri	232
Tozlaşma, Döllenme, Tohum ve Meyve Oluşumu	235
Tohum Çimlenmesi, Dormansi ve Çimlenme Arasındaki İlişki	237
Canlılar ve Çevre	
Canlılar ve Çevre	239

SİNİR DOKU

Nöronlar (Sinir Hücreleri)

Nöronlar çeşitli uyarılara karşı beyinde ve omurilikte karmaşık işlem ağlarını oluşturur. Bunun yanı sıra vücudun tüm bölgeğini beyne ve omuriliğe bağlar. Nöronlar; algılama, düşünme, hatırlama, kas aktivitesini kontrol etme, salgı bezlerinin çalışmasını düzenleme gibi sinir sisteminin benzersiz işlevlerinin yerine getirilmesinde rol alır. Bu özelleşmiş hücrelerin çoğu, mitotik bölünme yeteneğini kaybetmiştir.

Sadece beyinde yaklaşık 85 milyar nöron yer almaktadır.

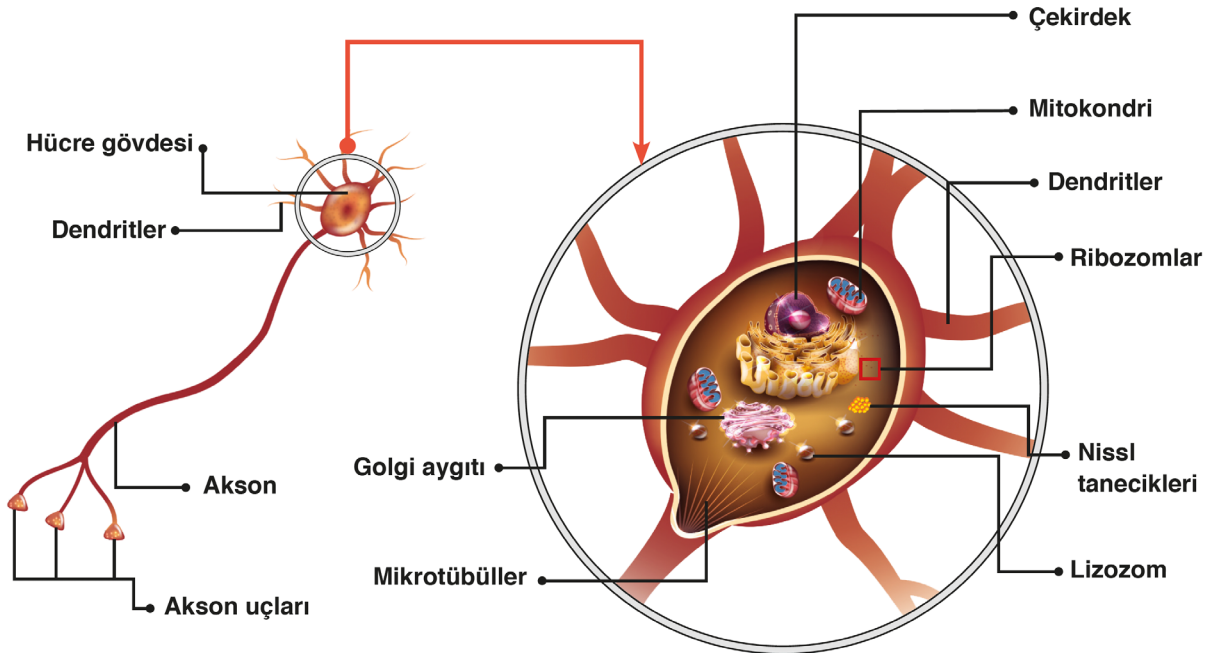
Sinir sisteminde görevlerine göre **duyu nöronu**, **motor nöron** ve **ara nöron** olmak üzere üç tip nöron bulunur.

- Burun, göz, kulak gibi duyu organlarında reseptörlerinden aldıkları uyarıları, merkezî sinir sistemine (beyin ve omurilik) taşıyanlara **duyu nöronu** denir.
- Merkezî sinir sisteminden aldığı cevabı ilgili doku, organ, bez veya kasa götüren **motor nöron**dur.
- Alınan bilginin merkezî sinir sisteminde değerlendirilmesi, yorumlanması gibi işleri yapan nöronlara **ara nöron** adı verilir.

Nöron; bir hücre gövdesi (soma), dendritler ve aksondan oluşur.

⇒ Hücre Gövdesi

- Sitoplazmasında lizozom, mitokondri, Golgi aygıtı gibi tipik hücresel organeller ile bir hücre çekirdeği içerir.
- Hücre gövdesinde serbest ribozomlar ve Nissl tanecikleri olarak adlandırılan granüllü endoplazmik retikulum kümeleri de bulunur.
- Mikrotübüller akson boyunca hücre içi taşınmada görev alır.
- Nissl tanecikleri tarafından üretilen, yeni sentezlenmiş proteinler nöronların büyümesi ve hasarlı aksonların onarımı için kullanılır.



Nöron ve hücre gövdesinin kısımları

- Hücre gövdesi, diğer nöronlardan gelen uyarıların alındığı ve üzerinde **dendrit** adı verilen çok sayıda dallanmış uzantıların bulunduğu bölümdür.

⇒ Dendritler

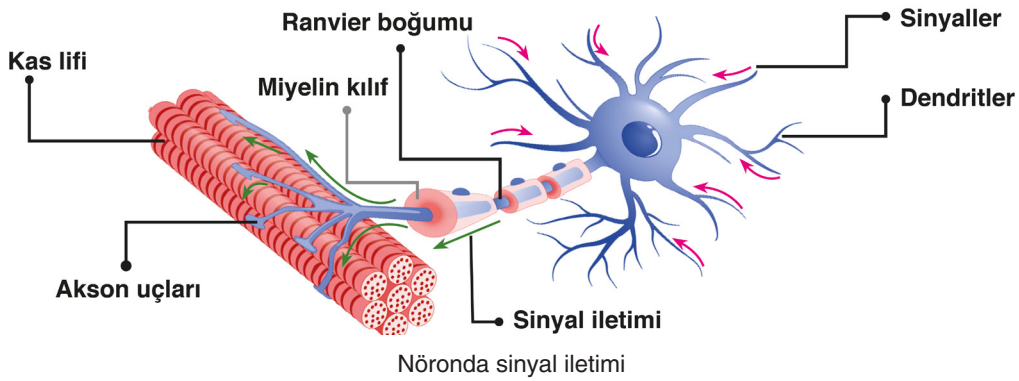
- Nöronun alıcı ya da girdi kısmıdır.
- Diğer hücrelerden salgılanan nörotransmitter maddelerin (kimyasal habercilerin) bağlanması için çok sayıda reseptör bölgesi içerir. Alınan uyarı akson boyunca akson ucuna kadar götürülür.

⇒ Aksonlar

- **Glia** hücreleri tarafından oluşturulmuş 20-200 tabakadan oluşan miyelin kılıf ile kaplıdır.
- Miyelin kılıf lipid ve protein yapıdadır.
- Beyinde ve omurilikte miyelin kılıf oluşturan glia hücreleri oligodendrositlerdir.
- Çevresel sinir sisteminde miyelin kılıf **Schwann** (*Şıvan*) hücreleri tarafından oluşturulur.

Miyelin kılıf sinir hücrelerinin aksonunda elektriksel yalıtım sağlar. Akson üzerindeki miyelinli bölümlerin kesintiye uğradığı kısma **Ranvier** (*Ranviyer*) **boğumu** denir. Akson sonundaki akson uçlarında da çok sayıda dallanmalar görülür. Bu dallanmalar sayesinde sinyal birçok hücreye aynı anda aktarılabilir.

Akson uçlarında **sinaps** adı verilen bağlantı yerlerinde sinyal başka bir nörona, kasa ya da bez hücresine aktarılır.



Glia Hücreleri

Glia hücreleri sinir hücrelerini ve dokusunu destekler. Nöronlardan daha küçük olmalarına karşın sayıları nöronlardan yaklaşık 25 kat daha fazladır. Glia hücreleri yaşam boyu bölünmeye devam eder.

SCHWANN HÜCRELERİ

Çevresel sinir sisteminde yer alan nöronların aksonlarını saran miyelin kılıfı oluşturur.

OLİGODENDROSİTLER

Merkezî sinir sistemi nöronlarının aksonları etrafında miyelin kılıfın oluşumundan (miyelinizasyon) sorumludur.

MİKROGLİA

Merkezî sinir sisteminde bağışıklık fonksiyonlarını yerine getiren özelleşmiş, makrofaj benzeri hücrelerdir. Sinir sisteminin normal gelişimi sırasında oluşan hücresel kalıntıları giderir, mikropları ve hasarlı sinir dokusunu fagosite eder.

EPENDİM HÜCRELERİ

Mikrovillus ve sillerle sahip tek bir katmanda düzenlenmiş kübik hücrelerden oluşur. Beyin ve omurilik içindeki sıvı dolu boşlukları çevreler, beyin omurilik sıvısının (BOS) üretimini ve akışını düzenler.

ASTROŞİTLER

Glia hücrelerinin en büyük ve en çok sayıda olanıdır. Merkezî sinir sistemi etrafını saran ince zarla, kan kılcal damarları ve nöronlarla temas kurar. Sinir dokuda hücre dışı sıvı bileşimini düzenler. Kan-beyin bariyeri oluşturarak toksinlerin ve diğer zararlı maddelerin beyne ulaşmasını engeller.

Glia hücreleri ve Glia hücrelerinin görevleri

İMPULS OLUŞUMU VE İLETİMİ

Bir sinir hücresi uyarıldığında sinir hücresinde meydana gelen kimyasal ve elektriksel değişimlere **impuls** (uyarı) denir. Elektrik sinyalleri olarak kodlanan bilgi; akson boyunca taşınarak sinapslarla diğer nöronlara, kas dokusuna veya salgı bezlerine iletilir.

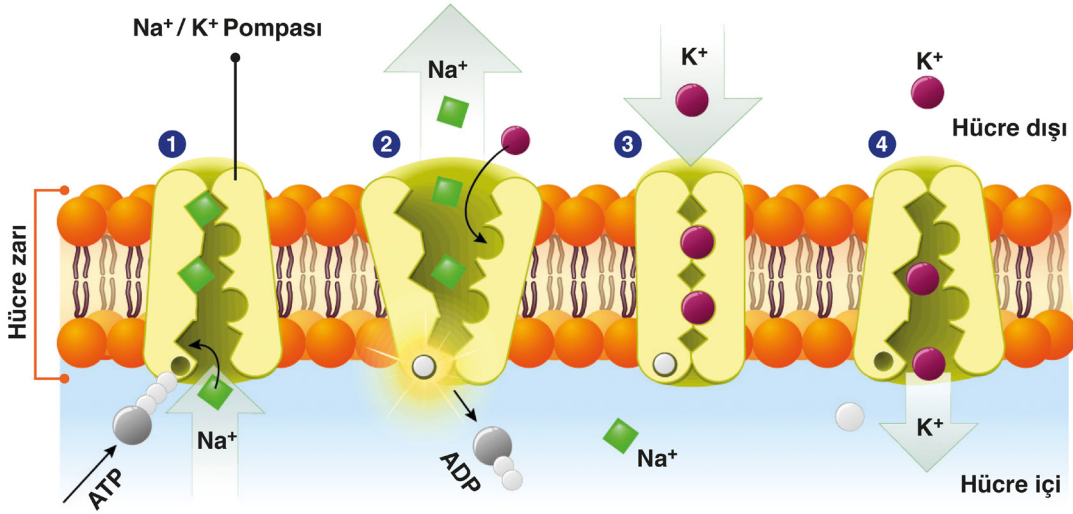
Hücre içi ve dışındaki anyon ve katyonların konsantrasyon farkından dolayı hücre zarının sahip olduğu bu elektriksel yük farkına **zar potansiyeli** denir.

Hücrenin dışında sitoplazmaya göre daha fazla sodyum iyonları (Na^+) bulunurken sitoplazmada hücre dışına göre daha fazla potasyum iyonları (K^+) bulunur. Hücre içinde anyonların derişiminin katyonlardan fazla olması hücre içinin hücre dışına göre daha fazla negatif elektrik yüküne sahip olmasına neden olur. Bu durum, hücrenin **kutuplu** (polarize) bir yapıda olmasını sağlar. Hücre içi negatif, hücre dışı ise pozitif kutuplu elektriksel yük farkına (voltaj) sahiptir.

Derişim farklılığından dolayı Na^+ iyonları sürekli hücre içine doğru, K^+ iyonları ise hücre dışına doğru difüzyonla geçer. Bu nedenle nöronun zar potansiyeli ya da elektriksel yük farkı değişir. Nöron, görevini tam olarak yerine getirebilmek için hücre içi ve hücre dışı yoğunluk farkını korumalıdır.

Sodyum-Potasyum Pompasının Çalışma Mekanizması

- 1- Nöron, sodyum-potasyum pompası denilen aktif taşıma mekanizmasıyla hücre içi ve hücre dışı konsantrasyon farkını dolayısıyla dinlenme zar potansiyelini korur. Sodyum-potasyum pompasına sitoplazmadaki Na^+ iyonları bağlanır.
- 2- ATP ile aktifleşen sodyum-potasyum pompası proteininin biçimini değiştirerek Na^+ iyonlarını hücre dışına bırakır.
- 3- Na^+ iyonlarını hücre dışına bırakan protein K^+ iyonlarını bağlar.
- 4- Proteinden fosfat grubunun koparılması protein biçimini eski hâline getirir ve böylece K^+ iyonları hücre içine alınmış olur.



Sodyum-potasyum pompasının çalışma mekanizması

Sodyum-potasyum pompasının çalışabilmesi için ATP kullanılır. Sinir hücreleri sodyum ve potasyum iyonlarının konsantrasyon farkını korumak için sahip olduğu enerjinin yaklaşık %70'ini harcar.

Sodyum-potasyum pompası olmasaydı vücut hücrelerinin çoğunda fazla su almaları nedeniyle şişme görülürdü.

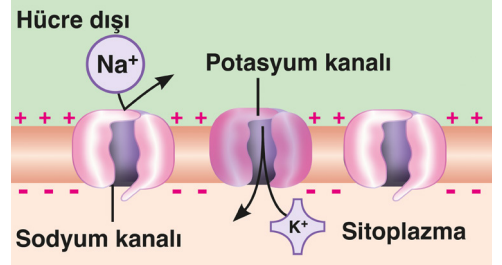
Hücre herhangi bir nedenle şişmeye başlarsa sodyum-potasyum pompası devreye girer, fazla iyonlar hücre dışına atılarak hücrenin su almasının önüne geçilir.

Bir nöron uyarı aldığında zar potansiyeli değişir. Zar potansiyelindeki hızlı değişimler aksiyon potansiyeli oluşturur.

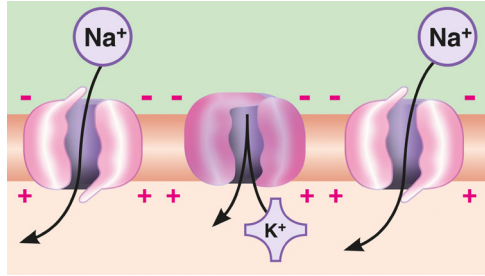
Nöronlarda İmpus Oluşumu ve İletimi

Bir sinir hücresinin polarizasyonu hücrenin bir uyarı almadığı, dinlenme anında sahip olduğu zar potansiyel farkını ifade eder. Akson zarı üzerinde voltaj değişimlerine duyarlı olan Na^+ iyon kanalı ya da K^+ iyon kanalı gibi çeşitleri olan kanal proteinleri bulunur. Bu kanal proteinlerine **Voltaj kapılı iyon kanalları** denir. Bu kanallar **polarizasyon** durumunda kapalıdır.

Akson zar potansiyeli değiştiğinde voltaj kapılı iyon kanalları açılır ve bu kanallar iyonların geçişine izin verir. Zar potansiyelinin değişmesi sonucu açılan sodyum kanallarından Na^+ iyonunun hücre içine doğru difüzyonu artar. Hücre içi, dışarıya göre daha pozitif hâle gelir ve hücre zarının kutuplu yapısı bozulur. Bu durum **depolarizasyon** olarak adlandırılır.



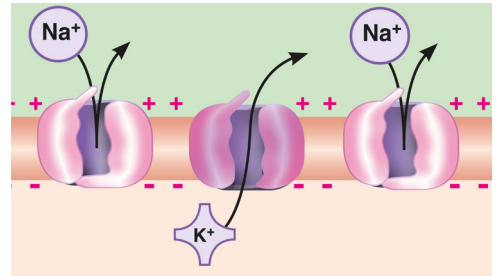
Sinir hücre zarında aksiyon potansiyelinin oluşumu



Sinir hücre zarında aksiyon potansiyelinin oluşumu

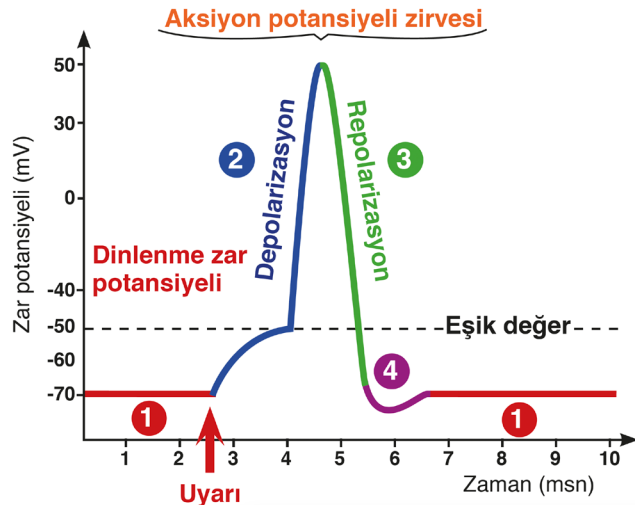
Sodyum kanallarından sonra daha yavaş açılan potasyum kanalları K^+ iyonlarının hücre dışına difüzyonunu kolaylaştırır. Böylece hücre dışı, hücre içine göre yeniden daha pozitif hâle geçer. Zar yeniden polarize olur. Bu duruma **repolarizasyon** denir.

Repolarizasyon evresinin sonunda daha fazla potasyum kanalı açık olduğu için sinir hücresi ilk polarize durumundan daha düşük elektriksel yük farkına sahip olur. Bu durum **hiperpolarizasyon** olarak adlandırılır.



Sinir hücre zarında aksiyon potansiyelinin oluşumu

Bir sinir hücresinde aksiyon potansiyelinin oluşumu grafiği:

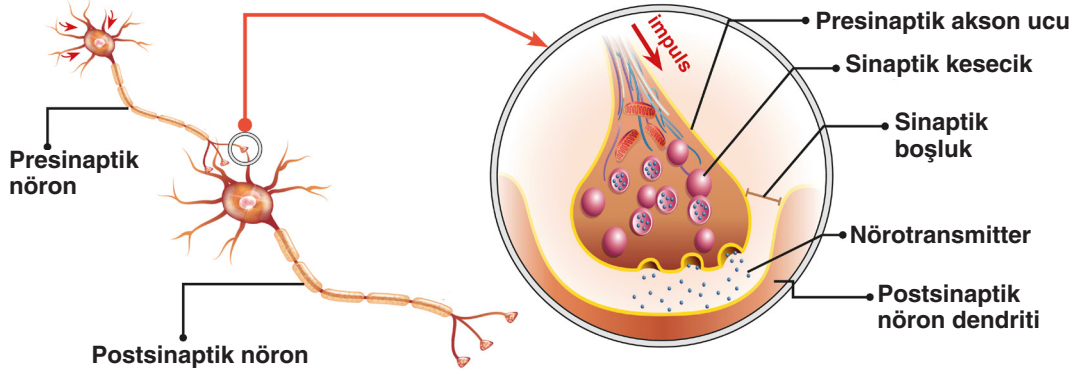


Sinir hücre zarında aksiyon potansiyelinin oluşum grafiği

Hücrenin repolarize olmasıyla sinir hücresi tekrar polarize durumuna dönmüştür. Ancak hücre içi ve hücre dışı iyon konsantrasyonları dinlenme fazında olduğu gibi değildir. Sodyum kanalları etkisiz olduğundan ikinci bir depolarizasyon gerçekleştiremez. Yeniden impuls oluşturabilmesi için hücre içi potasyum ve hücre dışı sodyum konsantrasyonlarının eski hâline dönmesi gerekir. Bu durumda yine sodyum-potasyum pompası devreye girerek hücre içi ve hücre dışı iyon konsantrasyonlarını başlangıçtaki oranlara getirir.

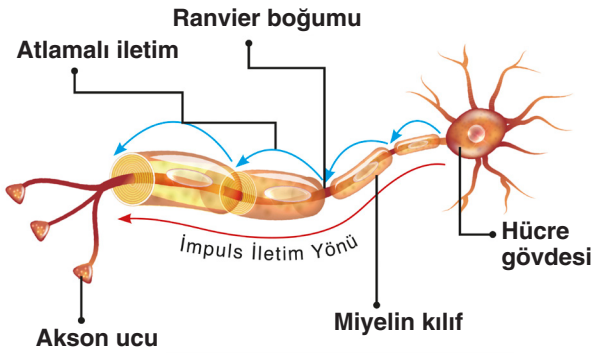
Sinapslarda İmpuls Oluşumu ve İletimi

Akson boyunca yayılan impuls, akson uçlarına geldiğinde sinapsların çoğunda **nörotransmitter** adı verilen kimyasal haberci moleküllerin salgılanmasına neden olur. Asetilkolin, serotonin, noradrenalin, dopamin, histamin gibi nörotransmitter maddeler sinaptik boşlukta difüzyonla yayılarak bilgiyi bir başka nörona aktarır. Sinaps bölgelerinde bilgiyi gönderen nörona **presinaptik nöron**, bilgiyi alan nörona ise **postsinaptik nöron** adı verilir. Presinaptik bir nöron tarafından salınan nörotransmitterler postsinaptik bir nöron üzerindeki kendilerine özgü reseptörlerle birleşir ve bilgi sinaps üzerinden iletilmiş olur. Nörotransmitter maddelerin görevi hücreye özgüdür. Her kimyasal haberci her hücreyi uyarmaz. Bir nörotransmitter madde bir nöronu uyarırken başka bir nörona etki etmeyebilir. Görevi biten nörotransmitter maddeler ya yıkıma uğrar ya da sinir hücreleri tarafından geri emilir.



Sinapslarda impuls iletimi

Aksonlarda uyarı iletimi elektriksel, sinaps bölgelerinde ise kimyasaldır. Bu nedenle aksonlarda sinyal iletimi sinaps bölgelerine göre daha hızlı gerçekleşir. Bir aksiyon potansiyelinin akson zarı boyunca yayılma hızı, akson çapına ve aksonun miyelinli olup olmadığına bağlıdır. İmpuls iletim hızını akson çapının artması veya aksonun miyelinli olması artırır. Dolayısıyla zarda depolarize olacak bölgeler daha hızlı eşik değere ulaşır. Miyelin kılıf, hücre içini ve dışını birbirinden ayıran bir yalıtkan olduğu için zardan iyon geçişini yaklaşık 5.000 kat düşürür.



Aksonlarda atlamalı iletim

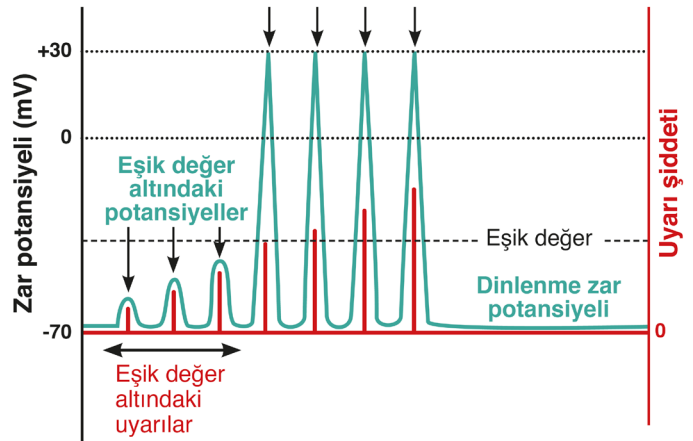
Aksiyon potansiyeli miyelin kılıfın kesintiyi uğradığı, voltaj kapılı sodyum kanallarının konsantrasyonunun yüksek olduğu **Ranvier boğumlarında** meydana gelir. Bu nedenle aksiyon potansiyelleri miyelinli bir akson boyunca yayılırken bir boğumdan diğerine atlar. İmpulsun Ranvier boğumlarında bu şekilde iletilmesine **atlamalı iletim** denir.

Bir sinir hücresinde aksiyon potansiyeli oluşturabilecek en küçük uyarı şiddetine **eşik değer** denir. Aksiyon potansiyelin oluşabilmesi için eşik değer ve üzerindeki bir büyüklüğe sahip uyarının sinir hücresini uarması gerekir. Eşik değer altında kalan uyarılar impuls oluşturmaz.

Birçok sinir hücresinin aksonlarının bir araya gelmesiyle oluşan sinirde her bir sinir hücresinin sahip olduğu eşik değeri farklı olabilir. Bir nöronun sahip olduğu eşik değeri ve üzerindeki her uyarı şiddeti, büyüklüğünden bağımsız olarak hep aynı şekilde aksiyon potansiyeli oluşmasına neden olur.

Tek bir sinir hücresi için geçerli olan bu duruma **ya hep ya hiç prensibi** denir. Ya hep ya hiç prensibi gereği bir sinir hücresinde impulsun oluşması uyarı şiddetinin büyüklüğü hakkında bilgi vermez.

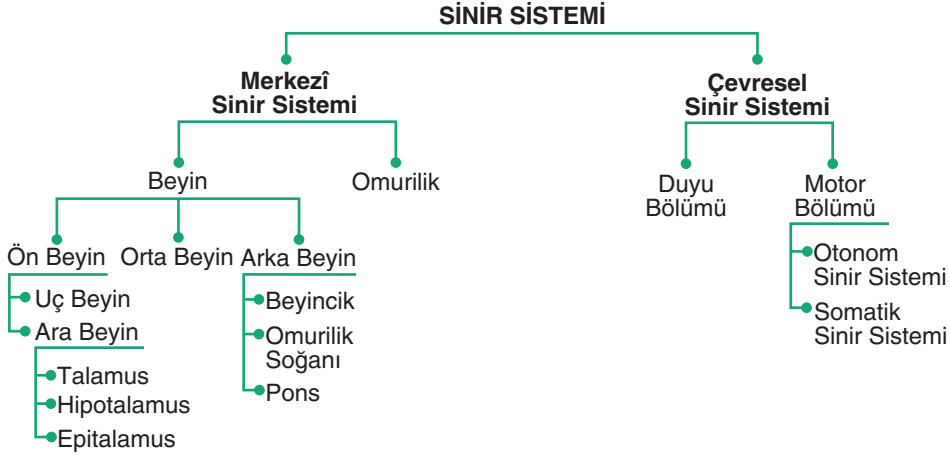
Yüksek bir gürültü ile fısıltı arasında impuls oluşumu açısından bir fark yoktur. Bir sinir hücresinde aksiyon potansiyelinin oluşması bunun yüksek bir gürültüden mi yoksa fısıltıdan mı kaynaklandığı hakkında fikir vermez. Ancak uyarının sıklığı (frekansı) ve uyardığı sinir hücrelerinin sayısı, beyinde uyarının şiddeti hakkında değerlendirmeye tabi tutulur ve ona göre tepki oluşturulur.



Uyarı şiddeti ve aksiyon potansiyeli ilişkisi grafiği

SİNİR SİSTEMİNİN BÖLÜMLERİ

Sinir sistemi **merkezi sinir sistemi** ve **çevresel sinir sistemi** olmak üzere iki bölümden oluşur.



Sinir sisteminin bölümleri

Merkezi sinir sistemi, beyin ve omurilikteki sinirlerden oluşan sinir sisteminin bütünleştiricisi ve kontrol merkezidir. Merkezi sinir sisteminde ara nöronlar (bağlantı nöronları) yer alır. Ara nöronlar, duyu nöronlarından gelen duyu bilgileri işler. Ardından mevcut koşullar ve deneyimlere dayanarak uygun motor nöronları aktive eder. Böylece kasların kasılmasını ve bezlerin salgı üretmesini teşvik eden tepkinin ortaya çıkmasını sağlar.

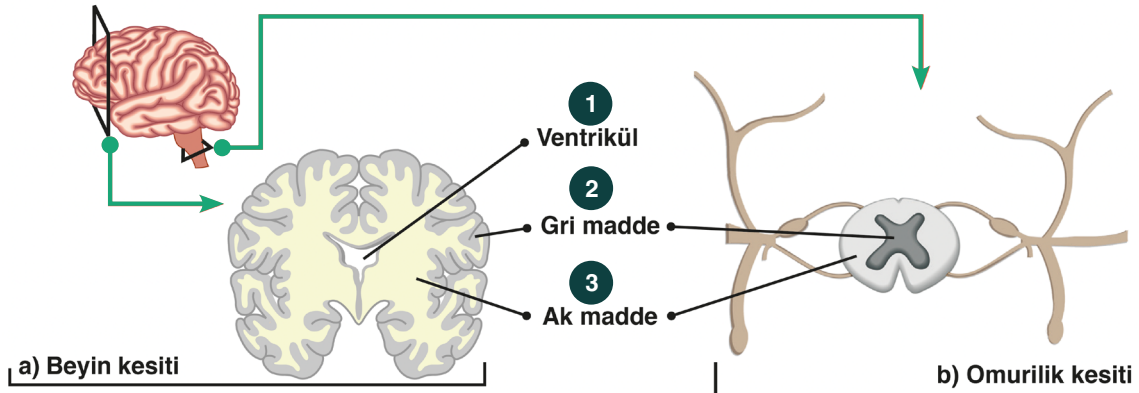
Motor nöronlar merkezi sinir sisteminden aldığı yanıtı kaslara, bezlere veya diğer nöronlara iletir. Motor nöronların hücre gövdesi ve dendritleri merkezi sinir sisteminin içindedir. Motor nöronların aksonları çevresel sinir sisteminin kontrolündeki organlara uzanır.

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ

Merkezi Sinir Sisteminin Genel Yapısı ve Bölümleri

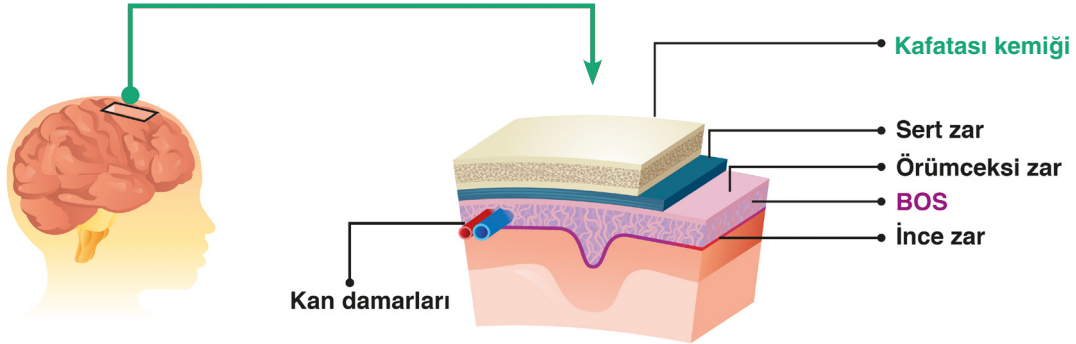
Merkezi sinir sistemi, embriyonik bir yapı olan içi boş sinir kordonundan (nöral tüp) oluşur. Embriyonik dönemdeki sinir kordonu boşluğu, beyin ve omurilik gelişirken **omurilik kanalını** ve **beyin yarıklarını** (ventrikül) oluşturur. Omurilik kanalı ve beyin ventrikülleri beyin omurilik sıvısı (BOS) ile doludur. Ventriküller, ependim hücreleri ile çevrilidir. BOS, merkezi sinir sistemini korur; besler ve atıkların uzaklaştırılmasında görev alır. Merkezi sinir sistemi **gri maddeden** ve **ak maddeden** oluşur.

Beynin korteksinde nöronların hücre gövdeleri, dendritleri ve miyelinsiz aksonları içeren gri madde bulunur. Korteksin altındaki ak madde ise miyelin kılıflı aksonlardan oluşur. Beyindeki ak madde çoğunlukla içeride yer alırken omurilikteki ak madde dışarıda yer alır.



Merkezi sinir sistemi oluşumları

Merkezî sinir sistemi bağ dokudan oluşmuş üç katlı koruyucu zarla çevrilidir. Kafatasının altında yer alan en dıştaki zar, **sert zardır**. Sert zar en kalın olan zar olup kafatasının iç yüzeyine yapışık. Zarların ortasındaki örümceksi zar gevşek bir beyin örtüsü oluşturur. **Örümceksi zar** ile onun altında yer alan **ince zar** arasındaki boşlukta kan damarları ve **BOS** bulunur. En içte bulunan ince zar; beyin ve omuriliğin yüzeyine yapışık ince, şeffaf bir zardır. İnce zar içinde beyin ve omuriliğe oksijen ve besin sağlayan birçok kan damarı bulunur.

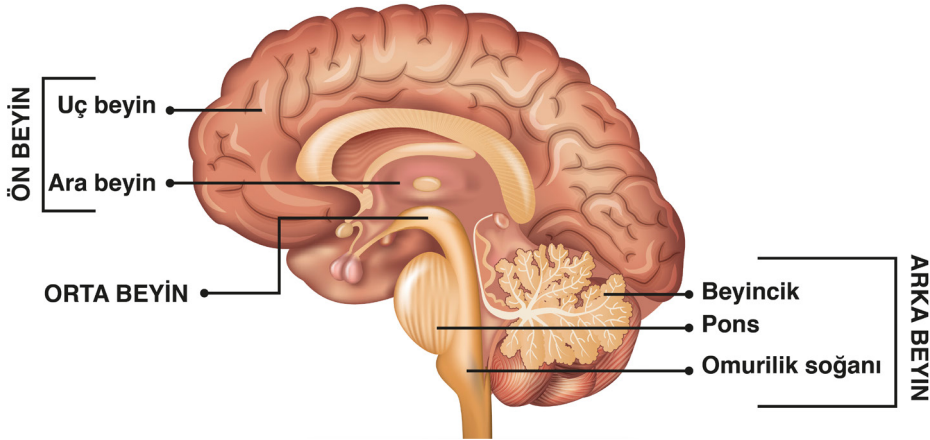


Merkezî sinir sistemini çevreleyen koruyucu yapılar

BEYNİN YAPISI

Beynin Genel Yapısı ve Bölümleri

Embriyonik dönemin henüz dördüncü haftasında ön beyin, orta beyin ve arka beyin olmak üzere beynin bölümleri şekillenmeye başlar. Beşinci haftayla birlikte ön beyinde uç beyin ve ara beyin gelişir. Arka beyin **pons**, **beyincik** ve **omurilik soğanını** oluşturacak şekilde farklılaşmaya başlar. Uç beyinin diğer bölümlere göre orantısız ve hızlı büyümesi dış kısmın içe doğru kıvrılmasına neden olur. Böylece beynin iki yarım küresi (korteks, beyin kabuğu) oluşur.



Beynin bölümleri

ÖN BEYİN

Ön Beynin Genel Yapısı

Ön beyin, **uç beyin** ve **ara beyin** olmak üzere iki kısımdan oluşur. Uç beyin, toplam beyin kütesinin yaklaşık %80'i ile beynin en büyük kısmıdır. Sağ ve sol olmak üzere iki yarım küreden oluşur.

Sağ yarım küre vücudun sol tarafıyla, sol yarım küre ise vücudun sağ tarafıyla iletişim kurar. Beyin yarım küreleri **nasırlı cisim** adı verilen çok sayıda akson bağlantılarıyla oluşmuş yapıyla birbirine işlevsel olarak bağlıdır.

Uç Beyin

Uç beyin; bilinçli davranışlar, hafıza, öğrenme ve duyu alımında rol oynar. Beyin yarım kürelerinin her biri **ön lop** (frontal lop), **yan lop** (pariyetal lop), **şakak lobu** (temporal lop) ve **arka lop** (oksipital lop) olmak üzere dört kısma ayrılır. Ön lop ile yan lop enine doğru merkezî bir yarıkla (Rolando yarığı) ayrılmıştır. Bu merkezî yarığın ön kısmında motor işlevlerin görüldüğü primer motor korteks, arka kısmında basınç ve dokunma duyu işlevlerinde görev alan primer duyu korteksi bulunur.

Duyu organlarından primer duyu korteksine gelen duyu bilgisi, işlenmek üzere ilgili derleme alanlarına gönderilir. Değerlendirilen ve bütünleştirilen bilgi, primer motor korteksten beyin sapı ve omurilik yoluyla beyni terk eder. Bu bilgi motor nöronları uyararak tepkiyi efektör organlara iletmede görev alır.

Beyin Loplarının İşlevleri

Ön lop (Frontal lop)

- İskelet kaslarının kontrolü
- Konsantrasyon sağlama
- Planlama ve karar verme
- Sözel iletişim

Yan lop (Paryetal lop)

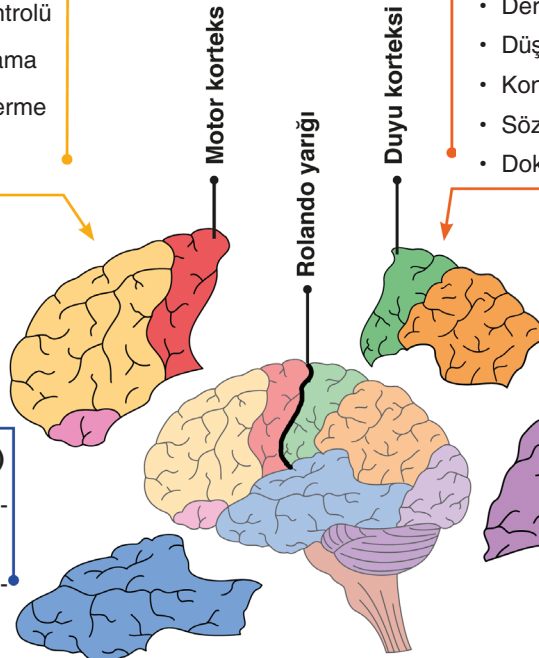
- Deri ve kas duyuları
- Düşüncelerin ve duyguların oluşması
- Konuşmayı anlama
- Sözcükleri formüle etme
- Doku ve şekilleri yorumlama

Şakak lobu (Temporal lop)

- İşitsel duyuların yorumlanması
- İşitsel ve görsel deneyimlerin depolanması

Arka lop (Oksipital lop)

- Gözün odaklanmasında hareketlerin entegrasyonu
- Görsel bilgilerin işlenmesi
- Görüntülerin önceki görsel deneyimler ve diğer duysal uyarılarla ilişkilendirilmesi



Beyin loplarının işlevleri

Ara beyin

Ara beyin; talamus, hipotalamus ve epitalamustan oluşur.

Talamus

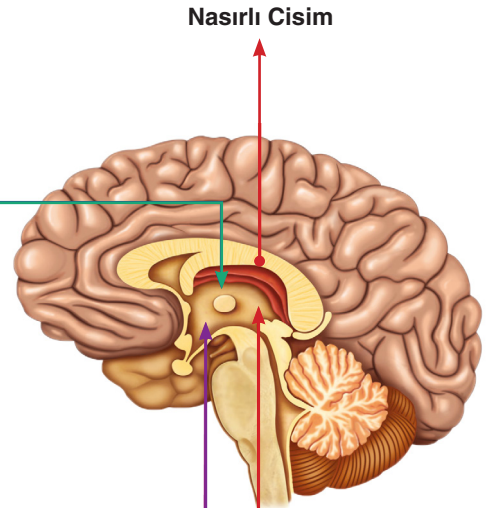
Uç beyne gelen duysal bilgilerin (koku hariç) toplandığı merkezdir. Duyu organlarından gelen bilgiler burada işlenir ve beyin kabuğunun ilgili merkezine iletilir. Beyincik ve bazal çekirdeklerden primer motor korteksine bilgi ileterek motor fonksiyonlara katkıda bulunur ve bilincin korunmasında rol oynar.

Hipotalamus

Vücudun termostatu olarak görev yaparak vücut ısısını kontrol eder, sirkadiyen ritimleri düzenler ve vücutta homeostasiyi sağlar. Hipofiz bezini kontrol ederek otonom sinir sisteminin aktivitelerini denetler ve bütünleştirir. Hipofiz bezinin salgıladığı hormonlar cinsel davranışları, beslenmeyi ve susamayı düzenler; heyecan ve stres durumunda "savaş ya da kaç" tepkisini oluşturur.

Epitalamus

Talamusun üst ve arka kısmında endokrin sistemin bir parçası olan epifiz bezinin bulunduğu bölgedir. Epifiz bezi melatonin hormonu salgılar. Bu hormon, hipotalamusla sirkadiyen ritimleri düzenlemeye yardımcı olarak uyku-uyanıklık döngüleri ve ergenlik başlangıcının düzenlenmesinde görev alır. Epitalamusta yer alan bazı kılcal damar toplulukları beyin omurilik sıvısının oluşumuna yardımcı olur.



Ara beyin bölümleri ve görevleri

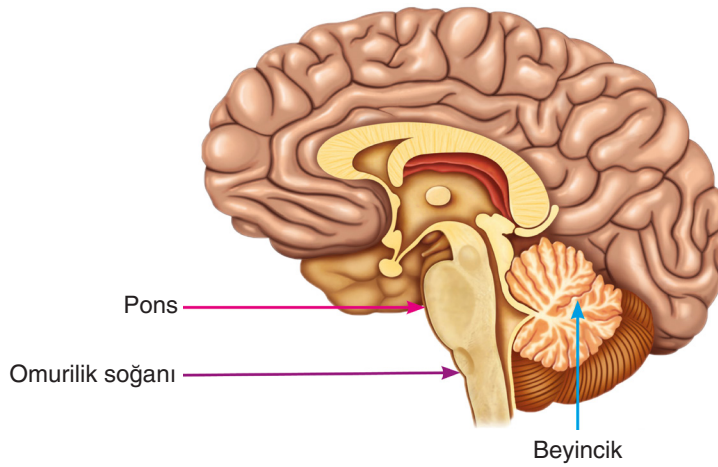
ORTA BEYİN

Orta beyin hareketli bir cismin gözle takibinde baş ve göz hareketlerini koordine eden görme ile ilgili refleksleri düzenler. Yandan yaklaşan bir cismin görüntüsü henüz beyindeki görme merkezinde oluşmadan fark edilir ve baş o yöne çevrilir. İşitme duyusunda elde edilen bilgi ya burada değerlendirilir ya da ön beyinde ilgili merkeze aktarılır. Beklenmedik bir anda yüksek bir ses şiddetine karşı irkilme refleksini düzenler. Orta beyin, beyin ve beyincik ile bağlantıları koruyarak çizgili kasların hafif kasılması (kas tonusu) ve vücut duruşunun kontrolünde görev alır. Dopamin salgılayan nöronlara sahiptir. Orta beyindeki nöronların dejenerasyonu Parkinson hastalığına neden olur.

ARKA BEYİN

Arka Beynin Genel Yapısı

Arka beyin; pons, omurilik soğanı ve beyincikten oluşur.



Arka beynin bölümleri ve görevleri

Pons

Çevresel sinir sistemiyle orta beyin ve ön beyin arasında bilgi taşınmasını sağlayan köprü görevi görür. Ponsun bazı aksyonları beyincığın sağ ve sol kısımlarını birbirine bağlar.

- Omurilik soğanıyla yutma, kusma, dolaşım, solunum gibi fonksiyonların kontrolünde görev alır.
- Omurilik soğanındaki solunum merkezlerini düzenleyerek normal solunum ritminin korunmasına yardımcı olur.

Omurilik soğanı

Beyinden çıkıp omuriliğe ve periferik dağılacak sinirler omurilik soğanında çapraz yapar. Omurilik soğanında sinirlerin çaprazlanması sonucu her bir beyin yarım küresi esas olarak beyin karşı tarafındaki kasların istemli hareketlerini kontrol eder. Omurilik soğanı; solunum, dolaşım, sindirim, boşaltım gibi sistemlerin homeostasisinin korunmasını kontrol eden refleks merkezidir.

- Kalbin kasılma kuvvetini ve hızını belirleyen, kan basıncını düzenlemek için damar çapını ayarlayan, solunum ritmini ve derinliğini kontrol eden merkezleri içerir.
- Hıçkırma, hapsirme, öksürme, çiğneme, yutma, kusma gibi reflekslerin de kontrol merkezidir.
- Bu işlevleri bakımından omurilik soğanının hayati önemine atfen **hayat düğümü** de denir. Omurilik soğanı zarar gören bir insan hayatını sürdüremez.
- Bitkisel hayatta veya komada bulunan kişilerin omurilik soğanındaki ve beyin sapındaki faaliyetler devam etmektedir. Bu kişiler bu sayede dışarıdan alınacak bir desteğe ihtiyaç duymadan solunumunu devam ettirebilir. Diğer organları da yaşamını devam ettirecek ölçüde kendi kendine çalışmaya devam eder.

Beyincik

Pons ve omurilik soğanıyla arka beyni oluşturan yapılardandır. Ponsun dışarıya doğru gelişen arka çıkıntısıdır.

- Beyincik, hareketlerin koordine edilmesinde ve dengenin sağlanmasında görev alır. Bunu yaparken hareketin kontrol edildiği beyin ilgili bölümünden kaslara iletilen emirlerin kopyalarını tutar.
- Kaslardan, eklemlerden, iç organlardan, deriden, işitme ve görme duyularından veriler toplar; hatalı olanları düzeltir.
- El-göz koordinasyonu beyincik tarafından kontrol edilir.

OMURİLİK

Omuriliğin Genel Yapısı ve Görevleri

Omurilik; omurlar, merkezî sinir sistemini çevreleyen zarlar ve BOS ile korunur. Periferden gelen uyarılar beyne, beyinden gelen uyarılar da ilgili organlara omurilik tarafından iletilir. Omuriliğin enine kesitinde dışta **ak madde**, içte **boz madde** bulunur. Ak maddenin içinde kelebek gibi görünen boz madde ikisi önde (ventral), ikisi arkada (dorsal) olmak üzere dört adet **kök** adı verilen çıkıntıya sahiptir.

Arka kök (dorsal kök); derideki, kaslardaki ve iç organlardaki duyu reseptörlerden alınan uyarıları merkezî sinir sistemine ileten duyu nöronlarının aksonlarını içerir.

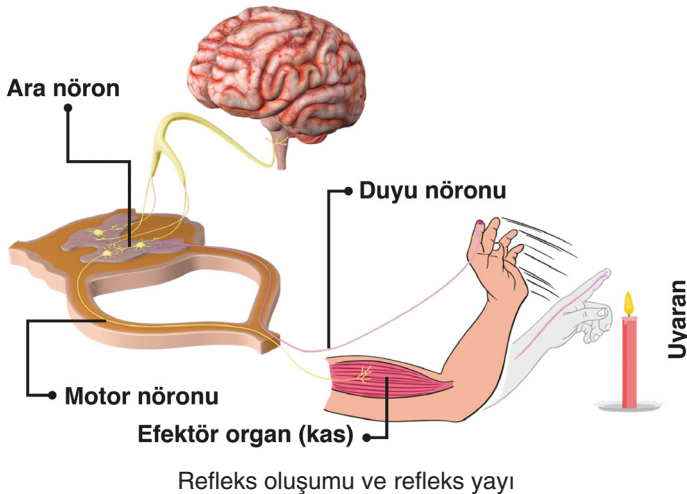
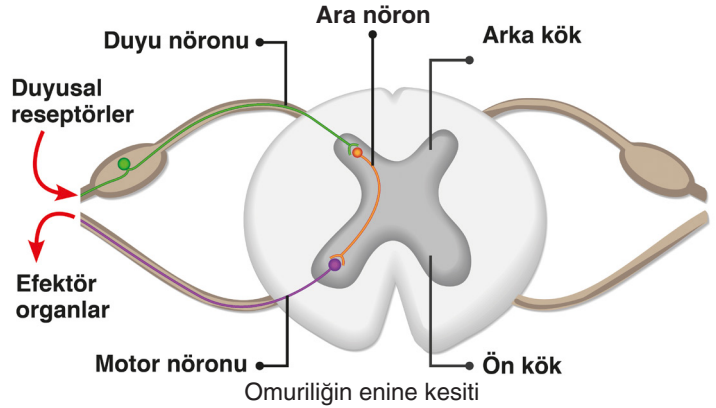
Ön kök (ventral kök); merkezî sinir sisteminden **efektör organlara** (kaslar ve bezler) sinir uyarılarını ileten motor nöronların aksonlarını içerir. Boz madde ayrıca arka kökten gelen ve ön kökten çıkan nöronlar arasında bağlantı kuran ara nöronlar da içerir. Ak madde içinde beyin ile omurilik arasında bilgiyi taşıyan duyu ve motor nöronların aksonları bulunur.

Duyu nöronları sayesinde duyu girdi, duyu reseptörlerinden boz maddeye kadar taşınır. Buraya gelen duyu aksonları ara nöronlarla sinaps yapabileceği gibi doğrudan beyin ilgili merkezine kadar uzanabilir. Ön kökten çıkan motor nöronlar beyinden gelen uyarıları taşıyan istemli kas hareketlerini kontrol eden nöronlar olabileceği gibi kalp kası, düz kaslar ve salgı bezlerinin çalışmasını sağlayan motor nöronlar da olabilir.

Omurilik; aynı zamanda bir uyarıya karşı hızlı, istemsiz ve planlanmamış bir tepki oluşturarak vücudu koruyan refleks merkezidir. Omurilik refleksleri beyinden bağımsız olarak gerçekleşir. Refleks, omurilik sinirlerince gerçekleştirildikten sonra beyne bilgi iletilir. Refleks oluşurken sinir hücrelerinde impulsun izlediği yola **refleks yayı** denir.

Basit bir refleks yayında duyu nöronları ara nöronlarla sinaps yapmadan doğrudan motor nöronlarla sinaps yapar. Genellikle bir refleks yayı duyu reseptörleriyle başlar; duyu nöronu, ara nöronlar ve motor nöronlarla devam edip efektör organlarla sonlanır.

Bir kişi elini sıcak bir yüzeye değdirirse acı duyusu daha beyne iletilmeden kol kaslarının kasılmasıyla elini geri çeker.



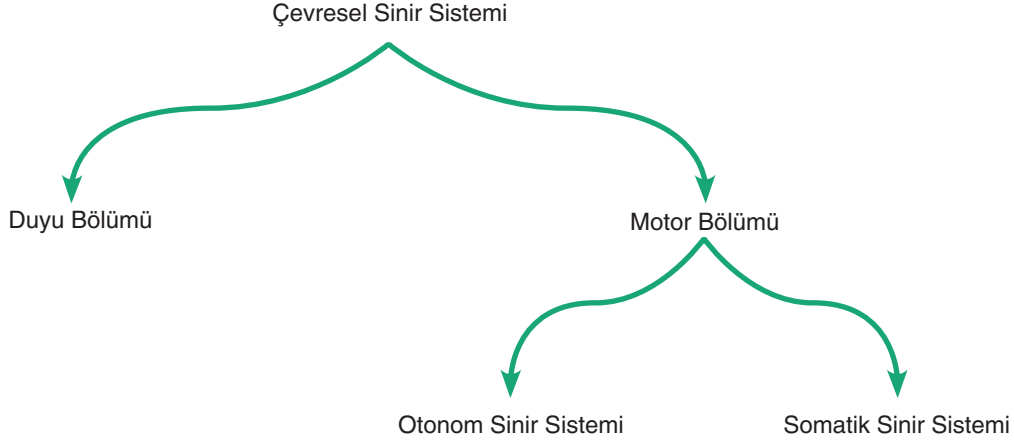
Reflekslerin yaşamda meydana gelen değişikliklere karşı bireyi koruyan kaçma, korunma ve hayatta kalma gibi önemli işlevleri vardır. Diz kapağı refleksi, göz bebeği refleksi, emme refleksi gibi bazı refleksler doğuştan gelirken bisiklet sürme, araba kullanma gibi bazı refleksler sonradan öğrenme yoluyla kazanılabilir.

Refleksler, sinir sisteminin sağlıklı hakkında faydalı bilgiler sunduğundan hastalıkların teşhisinde sıklıkla kontrol edilir. Refleks yayı boyunca herhangi bir yerde hasarın olması, refleksin gerçekleşmemesine ya da anormal olmasına neden olur. Örneğin; doktor, diz kapağının altında bulunan tendona küçük bir cisimle vurarak bacağın diz ekleminde öne doğru fırlamasını kontrol eder. Eğer diz kapağı refleksi gerçekleşmiyorsa bu durum bel bölgesinde bir yaralanmanın ya da reflekste görev alan nöronlardaki bir hasarın göstergesi olabilir.

ÇEVRESEL SİNİR SİSTEMİ

Çevresel Sinir Sisteminin Genel Yapısı ve Bölümleri

Çevresel sinir sisteminin bileşenleri **duyu nöronlar** ve **motor nöronlar**dır.



Benzer işlevlere sahip çevresel sinir sistemi nöronlarının hücre gövdeleri genellikle bir araya gelerek **gangliyon** adı verilen kümeleri oluşturur.

Duyu nöronları, periferden (iç organlar ve duyu organları) aldıkları sinyalleri merkezî sinir sistemine iletir. Duyu nöronları, çevrelerindeki çeşitli fiziksel veya kimyasal değişikliklere karşı nöronda elektrik sinyalleri üreten duyu reseptörlerine sahiptir. Reseptörler; görme, işitme, dokunma, koku ve tat alma gibi duyu çeşitliliği ihtiyacını sağlamak üzere ışık, ses, mekanik ve kimyasal uyarılardaki değişikliklere duyarlıdır. Duyu nöronlarının çoğunun dendritleri yoktur ve hücre gövdesi merkezî sinir sistemi dışındadır.

Motor nöronlar merkezî sinir sisteminden aldığı yanıtı kaslara, bezlere veya diğer nöronlara iletir. Motor nöronların hücre gövdesi ve dendritleri merkezî sinir sisteminin içindedir. Motor nöronların aksonları çevresel sinir sisteminin kontrolündeki organlara uzanır.

Çevresel sinir sistemi, merkezî sinir sisteminden uzanan sinirlerden (akson demetleri) ve gangliyonlardan (nöron hücre gövdeleri) oluşur.

Çevresel sinir sistemi, vücuttaki doku ve organ sistemlerinin merkezî sinir sistemiyle bağlantısını kurar. Merkezî sinir sistemine gelen bilgiler değerlendirilip istemli ve bilinçli yanıtlar oluşturulur. Fizyolojik düzenlemekten sorumlu bazı bilgilerin yorumlanması ve bunlara verilecek yanıt, birey farkında olmadan gerçekleşir. Beyinden çıkan on iki çift kafa siniri ve omurilikten çıkan otuz bir çift omurilik siniri iç organların ve sistemlerin çalışmasını kontrol eder.

Çevresel sinir sistemi **duyu** ve **motor** bölümlerinden oluşur.

Duyu bölümü; dokunma, tat, koku, görme, işitme, denge ve sıcaklık gibi uyarılar hakkında reseptörler aracılığıyla bilgi alır. Bu bilgileri merkezî sinir sistemine iletir.

Motor bölümü, merkezî sinir sisteminden gelen çıktıları efektör organlara iletir. Motor bölüm, **otonom sinir sistemi** ve **somatik sinir sistemi** olarak ikiye ayrılır.

Otonom Sinir Sistemi

Otonom sinir sistemi; merkezî sinir sisteminden gelen çıktıyı düz kasa, kalp kasına ve bezlere iletir. Bu bölümün faaliyetleri istemsiz gerçekleşir.

Somatik Sinir Sistemi

Somatik sinir sistemi, merkezî sinir sisteminden yalnızca iskelet kaslarına tepki iletir. İstemli hareketlerin kontrol edildiği bölümdür.

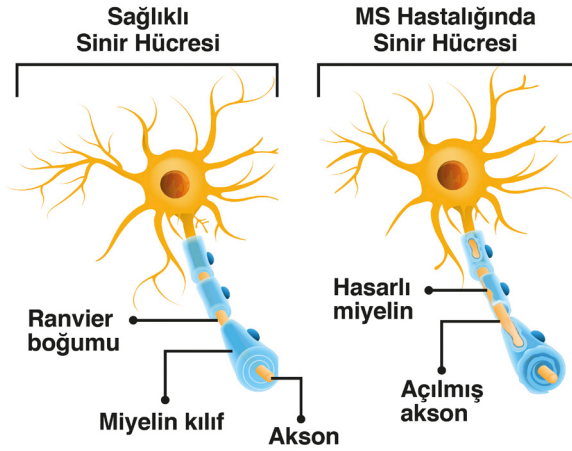
SİNİR SİSTEMİ RAHATSIZLIKLARI VE SAĞLIK YAPISININ KORUNMASI

Sinir Sistemi Rahatsızlıkları

Sinir sistemi, çeşitli kalıtsal faktörlerden ya da bu kalıtsal faktörlerin çevresel faktörlerle etkileşiminden olumsuz etkilenebilir. Genetik bozukluklar, miyelin kılıf yapısının bozulması, sinir hücrelerinin tahrip olması, nörotransmitterlerin dengesizliği, travma ve elektriksel iletim bozuklukları sinir sisteminin işleyişinde olumsuz etkiler yaparak sinir sistemi rahatsızlıklarını ortaya çıkarır. Multipl skleroz (MS), Parkinson, Alzheimer (alzaymır), epilepsi (sara) ve depresyon sinir sistemi rahatsızlıklarından bazılarıdır.

Multipl Skleroz (MS)

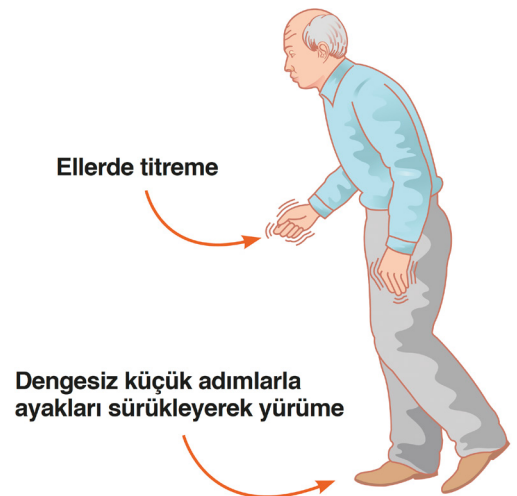
Sinirlerin etrafındaki miyelin kılıfın kaybı, zar direncinde azalmaya neden olur ve sinir hücresinde akım kaçakları başlar. Aksiyon potansiyeli Ranvier boğumundan bir sonraki boğuma ulaştığında bir aksiyon potansiyeli oluşturmak için yetersiz olabilir. MS hastası bireylerde beyin ve vücut arasındaki iletişim bozulur, motor faaliyetlerde zayıflama görülür. Multipl skleroz genellikle 20 ila 50 yaş arasında ortaya çıkar ve kadınları erkeklerden iki kat fazla etkiler. MS hastalığının nedenleri arasında hem genetik hem de çevresel etkenler olduğu düşünülmektedir. Bu hastalığın görüldüğü bireylerde belirtiler kişiye özeldir. Uyuşma, idrar tutamama, sıcağa tahammülsüzlük, bulanık görme, renk algısında değişiklik, görme alanı bozukluğu gibi bulgular klinik olarak değerlendirilir. Bu şikayetlerin yanında manyetik rezonans görüntüleme (MRI) yapılarak MS teşhisi konur. Günümüzde hastalığın tipik bir tedavisi yoktur.



Sağlıklı bir sinir hücresi ile MS hastalarının sinir hücresindeki miyelin kılıf yapısı

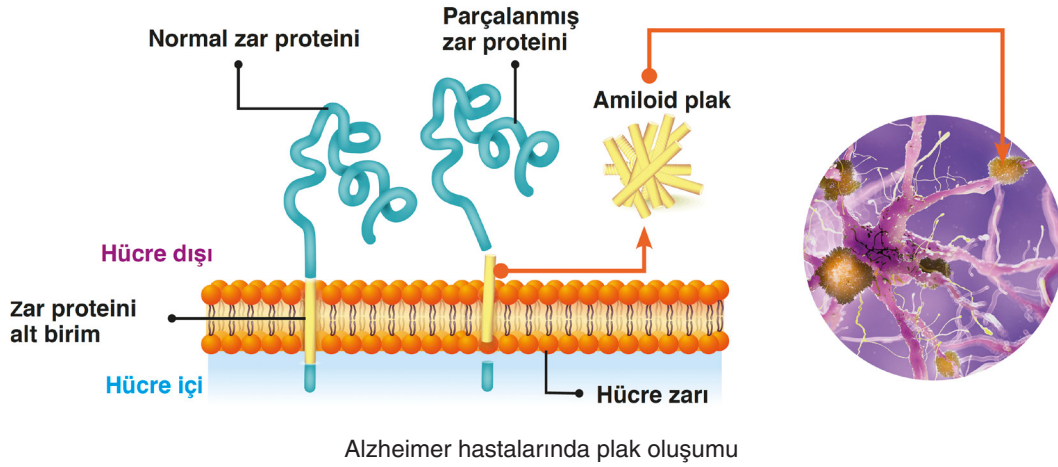
Parkinson

Orta beyindeki dopamin salgılayan nöronların dejenerasyonu (yapılarının bozulması) Parkinson hastalığına neden olur. Dopamin, sinapslarda bilginin kimyasal yolla aktarılmasını sağlayan nörotransmitterlerden biridir. Nöronların dejenerasyonu protein tortularının birikmesine yol açar. Dopamin salgılayan nöronların ölümüyle bireyde ellerde titreme, kaslarda sertleşme, hareket bozuklukları, hareketlerde yavaşlama ve dengede bozulma şeklinde semptomlar görülür. Kişi, vücut dengesini korumakta güçlük çeker; yürümekte zorlanır. Çoğunlukla 60 yaş üzeri bireylerde görülür. Parkinson hastalığının bilinen bir tedavisi yoktur. İlaç tedavisi ve beyin pili uygulamaları ile hastaların günlük yaşam aktivitelerini yapabilmeleri sağlanabilir. Bunun yanında embriyonik kök hücrelerle yapılan bilimsel çalışmalar, bu kök hücrelerinin Parkinson hastalığı gibi çeşitli dejeneratif rahatsızlıkların olası tedavilerinde kullanılmasının umut verici olduğunu göstermektedir.



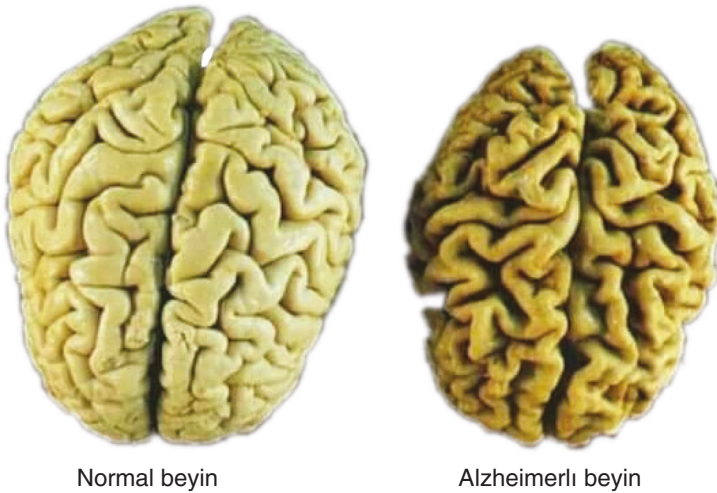
Alzheimer

Beynin erken yaşlanması olarak da tanımlanan Alzheimer hastalığı genellikle 60'lı yaşlarda başlar ve hızla mental (zihinsel) gücün kaybına neden olur. Hastalığın başlangıcında özellikle beyindeki hafıza merkezi olan hipokampus bölgesi etkilenir. Genellikle bu süreci uç beyindeki nöron kaybı izler. Alzheimer hastalığının teşhisi yapılırken en belirgin özellikler bakımından sinir sisteminde hücre dışı plak oluşumu ve nörofibril yumaklarının varlığı araştırılır. Nöron aksonunda bulunan bir zar proteini parçalanır, hücre dışında birikerek nöronlar için toksik etkiye sahip amiloid plaklar oluşturur. Bu plaklar aynı zamanda sinaptik iletişimi engeller. Hücre içinde mikrotübüllerin düzenlenmesinden ve işlevinden sorumlu proteinler yanlış katlanarak nörofibril düğümler oluşmasına yol açar. Bu proteinlerin yanlış katlanmaları diğer proteinlerin de yanlış katlanmalarına ve bir nörofibril yumağı oluşmasına neden olur. Hücre içinde biriken bu protein yumakları da nöron için toksik etkiye sahiptir. Zamanla hızlı bir şekilde nöron kaybı yaşanır.



Alzheimer hastaları hafızasını, muhakeme ve soyut düşünme yeteneğini kaybeder. Alzheimer hastalarının kişiliklerinde bariz değişiklikler gözlenir. Hastalığa sahip kişiler genellikle birkaç yıl içinde giderek kötüleşir ve özel

bakıma ihtiyaç duyabilir. Alzheimer hastaları; eşleri, çocukları gibi kendilerine en yakın kişileri bile tanıyamaz hâle gelebilir. Hastalığın ilerleyen evrelerinde hareket kabiliyetinde bozukluk, halüsinasyon ve nöbetler ortaya çıkabilir. Hastalık patolojisini veya hastalık seyrini değiştiren kanıtlanmış tedaviler henüz mevcut değildir. Sağlıklı beslenme, egzersiz, kitap okuma, hafıza geliştirici oyunlar oynama, bulmaca çözme gibi zihinsel ve sosyal olarak uyarıcı faaliyetlerin Alzheimer hastalığına yakalanma riskini azalttığı düşünülmektedir.



Epilepsi (sara)

Epilepsi (sara), merkezi sinir sisteminin bir kısmının ya da tamamının denetimsiz bir şekilde aşırı etkinliği sonucu tekrarlayan nöbetler biçiminde görülen bir nörolojik bozukluktur. Epilepsinin farklı biçimleri olmasına karşın en belirgin özelliği nöbetlere neden olmasıdır. Merkezi sinir sistemindeki nöronların anormal bir biçimde aşırı senkronize elektrik sinyalleri

oluşturmasıyla nöbetler ortaya çıkar. Bu durum bir yıldırımdaki elektrik yükünün aniden boşalmasına benzetilebilir. Beyin, kontrolü kaybederek vücuda anormal düzeyde sinyaller gönderir. Kaslar kontrolsüz bir şekilde kasılır, bilinç kaybolur ve vücut kontrolü sağlanamaz.

Ani ışık patlamaları, yüksek sesler gibi dış çevreden gelen bazı uyaranlar bu nöbetleri tetikleyebilir. Epilepsi her yaş grubundaki bireylerde görülebilir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre dünya genelinde yaklaşık 50 milyon epilepsi hastası bulunmaktadır. Epilepsi hastaları, uygun şekilde teşhis ve tedavi uygulanırsa nöbet geçirmeden yaşamlarını sürdürebilir. Epilepsinin tedavisinde kullanılan epileptik ilaçlar, genellikle nöral aktiviteyi yavaşlatmaya ve epileptik nöbetleri sakinleştirmeye yöneliktir.

Depresyon

Depresyon; isteksizlik, çaresizlik, uyuşukluk, uyku, iştah azlığı gibi belirtiler gösteren sinir sistemi bozukluğudur. Depresyonun kesin nedeni bilinmemekle birlikte beyindeki nörotransmitter dengesizliği ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Bazı kronik hastalıklar, stres ve hormonal değişiklikler depresyona neden olan faktörler arasında yer alır.

Depresyon, etkin biçimde tedavi edilebilmektedir. Genellikle tedavisinde nörotransmitterlerin konsantrasyonunu artıran ilaçlar kullanılır.

Sinir Sisteminin Sağlıklı Yapısının Korunması

Sağlıklı bir yaşam, sinir sisteminin sağlıklı olması ve verimli çalışması ile mümkündür. Sağlıklı bir beyin ve sinir sistemi için süreç, gebelik döneminin ilk aylarından başlayıp ömür boyu devam eder.

- Dengeli, yeterli ve düzenli beslenme sinir sisteminin sağlığı açısından çok önemlidir.
- Anne adayları bebeğin beyin gelişiminde özellikle folik asit içeriği yüksek besinler tercih etmelidir. Alzheimer ve buna riskine karşı yetişkinler de folik asit içerikli gıdalar tüketmelidir.
- Hafıza ve zekâ gelişimi için B grubu vitaminler önemli bir yer tutmaktadır.
- Omega 3 bakımından zengin besinler hafızayı güçlendirir ve hızlı düşünmeyi sağlar.
- E vitamini, beyinde yaşlanmayla ortaya çıkan gerilemeyi yavaşlatmak için gereklidir.
- Yüksek oranda antioksidan içeren gıdalar belleği geliştirerek beyni korumaktadır.
- Bireyin zevk aldığı aktiviteler, gün içinde mutluluk sağlayan birçok hormonun salgılanmasını sağlar. Bu hormonlar, kişinin duygu sistemini kontrol ederken hafıza için hayati öneme sahip beyin bölümlerinin aktivitesine katkı sağlar.
- Kişinin güne zinde başlamasında, hafızasının güçlenmesinde ve öğrenme kapasitesinin artmasında düzenli ve kaliteli uykunun önemi büyüktür. Gün içinde öğrenilen bilgilerin hafıza merkezlerinde gruplandırılması, ayıklanması ve kaydedilmesi işlemleri uyku sırasında yapılır.



Doğal ortamlarda gezi, sağlık için önemlidir.

SALGI BEZLERİ

Tüm doku ve organların uyumlu çalışmasında, kararlı bir iç dengenin (homeostasi) sağlanmasında sinir sistemi ve endokrin sistem birlikte görev yapar. Endokrin sistem, **hormon** adı verilen kimyasalları salgılayan endokrin bezlerden meydana gelir. Endokrin bezler, kanalsız bezler olup salgıladıkları hormonları doğrudan kana verdikleri için bu bezlere **iç salgı bezleri** de denir. Hipofiz bezi, tiroit bezi, paratiroit bezi, adrenal bezler vb. endokrin bezlere örnektir.

HORMONLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ

Hormonlar, iç ve dış çevreden gelen uyarılara göre sentezlenen kimyasal maddelerdir. Kandaki glikoz, mineral, su gibi iç etkenler ile ışık, basınç vb. dış etkenlerin miktarındaki değişiklikler hormon sentezlenmesini uyarır. Ayrıca kandaki hormon miktarı ve sinir sisteminin endokrin bezlerini uyarması hormon sentezi üzerinde etkilidir.

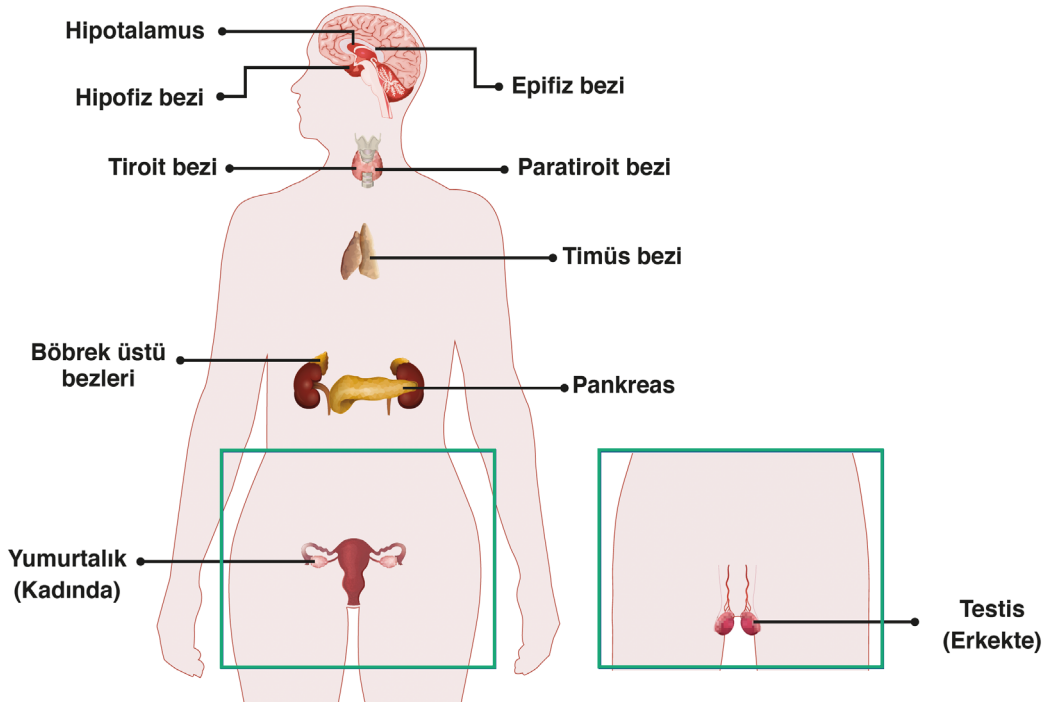
Hormonlar, endokrin bezlerden ve sinir hücrelerinin akson ucundan; mide, ince bağırsak, böbrek, karaciğer ve pankreas gibi organlardaki endokrin hücrelerinden salgılanır. Genellikle salgılandıkları yerlerde etkili olmayıp kanla hedef hücrelerine taşınır. Bazı hormonların hedefi bir veya birkaç doku olabilirken bazı hormonların hedefi bütün vücut hücreleridir.

Endokrin hücreler tarafından salgılanan hormonlar; büyüme, gelişme, üreme, davranış, enerji metabolizması, kandaki madde miktarının belirli yoğunluklarda tutulması gibi olayları düzenler. Hormonlar kanda çok az miktarda bulunur. Kanda belirli bir miktara ulaştınca etkili olmaya başlar.

Hormonun hedef hücresinin zarında veya hücrenin içinde ona özgü reseptörü bulunur. Hormonun reseptöre bağlanması ile hedef hücrede tepki oluşur. Hedef hücrenin hormona verdiği tepki, nöronlarla verilen tepkiden daha yavaş ve geç olmasına karşın etkisi uzun sürelidir. Görevini tamamlayan hormonlar, etkiledikleri hedef hücrede ya da karaciğerde parçalanır.

İnsanda Bulunan Başlıca Endokrin Bezler

- Epifiz bezi
- Hipofiz bezi
- Tiroit bezi
- Paratiroit bezi
- Timüs bezi
- Pankreas
- Böbrek üstü bezleri (adrenal bezler)
- Eşeyssel bezler (yumurtalık ve testis)



Başlıca endokrin bezler

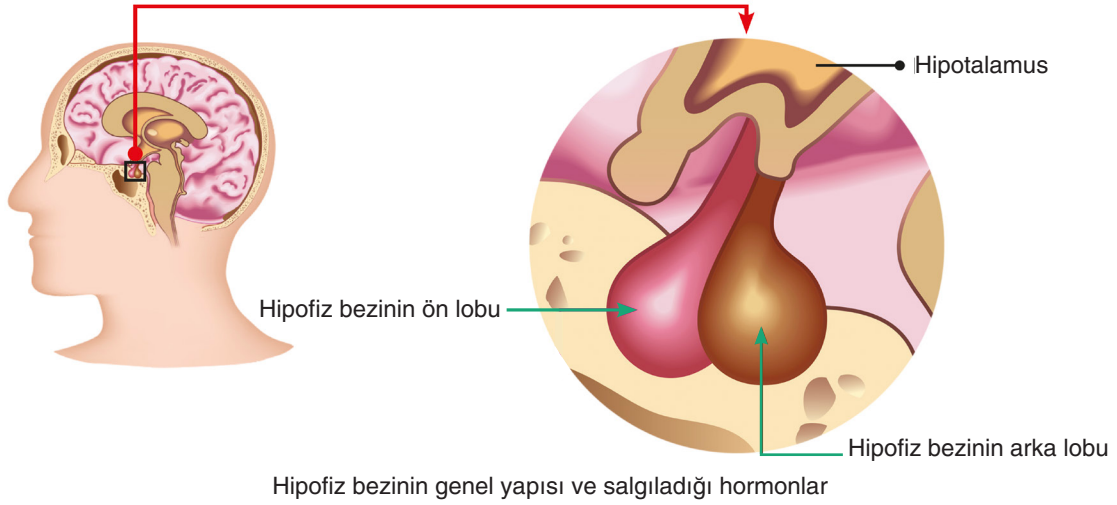
EPİFİZ BEZİ

Epifiz bezi, beyin yarım küreleri arasında bulunan mercimek büyüklüğünde bir bezdir. Epifiz bezinden **melatonin** hormonu salgılanır. Melatonin salgılanması, hipotalamustaki bir grup nöron tarafından kontrol edilir. Bu nöronlar; gözün retina-sında bulunan özelleşmiş, ışığa hassas hücrelerden uyarı almaktadır. Epifiz bezinden salgılanan günlük melatonin miktarı; mevsimsel gün uzunluğuna, ışığın devamlılığına ve şiddetine bağlı olarak değişir. Melatonin yapımı karanlıkta artar, ışıktaki azalır. Örneğin kışın geceler uzun olduğu için melatonin salgısı artar. Melatonin hormonu, mevsimsel geçişlerde gün uzunluğuna ve ışığa bağlı olarak ortaya çıkan biyolojik ritmin düzenlenmesinde rol oynar. Kadınlarda periyodik olarak aylık tekrarlanan menstrual döngü ve uyku zamanı gibi günlük tekrarlanan olaylar bu hormon kontrolünde düzenlenir.

HİPOFİZ BEZİ

Hipotalamus, vücuda yayılmış sinirlerden ve beyin diğer bölümlerinden aldığı uyarılara göre endokrin salgıları üretir. İç salgı sisteminde oldukça etkili bir yeri olan hipotalamus, hipofiz bezini denetler ve hormon salgılar. Hipotalamusun ayrıca vücut ısısının ve kan basıncının düzenlenmesi, su ve iyon dengesi, uyku düzeninin sağlanması gibi işlevleri de vardır.

Hipofiz bezi; iri bir fasulye tanesi büyüklüğünde, beyin tabanında ince bir sapla hipotalamusa bağlı bir bezdir. Hipofiz bezinin hormon salgılamasını hipotalamus yönetir ve denetler. Hipofiz bezinin **ön** ve **arka lobe** olmak üzere iki ayrı bölümü vardır.



Hipofiz bezinin genel yapısı ve salgıladığı hormonlar

Hipofiz bezinin ön lobu, bir endokrin bez olup hipotalamus kontrolünde çok farklı hormonlar üretir.

Hipotalamustaki bazı nöronlar tarafından üretilen salgılatıcı hormonlar (releasing hormonlar, RH) ve engelleyici hormonlar (inhibiting hormon, IH) doğrudan kılcal damar ağına salgılanır. Buradan ikinci bir kılcal damar ağı ile hipofiz bezi ön lobuna gönderilir.

Bu salgılatıcı ve engelleyici hormonların kontrolündeki hipofiz ön lobundan **tiroit uyarıcı hormon (TSH)**, **adrenokortikotropik hormon (ACTH)**, **folikül uyarıcı hormon (FSH)**, **luteinleştirici hormon (LH)**, **prolaktin [luteotropik hormon (LTH)]**, **büyüme hormonu [GH, somatotropin (STH)]**, **melanosit uyarıcı hormon (MSH)** salgılanır.

Hipofiz bezinin arka lobu ise hipotalamusun bir uzantısıdır. Burada hormon üretimi olmaz. Hipotalamus nöronlarının akson uçları arka loba kadar ulaşır. Nöronlar tarafından üretilen **antidiüretik hormon (ADH, vazopressin)** ve **oksitosin** hormonları akson boyunca aşağı doğru iletilir ve gerektiğinde salgılanmak üzere arka loba depolanır.

Hipofiz Bezinin Ön Lobundan Salgılanan Hormonlar ve Bu Hormonların Görevleri

Büyüme Hormonu (GH, Somatotropin)

Özellikle kemik, kıkırdak ve iskelet kasları başta olmak üzere bütün vücut hücreleri üzerine etki ederek büyümeyi teşvik eder. Uzun kemiklerin epifiz plaklarına doğrudan etki ederek devamlılığını ve bu kemiklerin boyca uzamasını sağlar. Hücrelerde protein sentezini artırır, hücre bölünmesini uyarak büyümeyi hızlandırır. Yağ ve karbonhidrat metabolizmasını düzenler. Yağ yıkımını artırıp glikoz kullanımını azaltarak enerji kaynağı olarak yağların kullanımını sağlar. Büyüme çağında aşırı salgılanması devliğe (gigantizm), az salgılanması hipofiz cüceliğine (pitüiter dwarfizm) neden olur.

Büyüme çağından sonra ergin bireylerde bu hormonun aşırı salgılanması el, ayak ve yüz kemiklerinde anormal büyümeye (akromegali) neden olur.

Folikül Uyarıcı Hormon (FSH)

Gonatları (yumurtalık ve testisler) uyardığı için gonadotropik bir hormondur. Kadınlarda yumurtalıklardaki (ovaryum) folikül keselerinin gelişimini, folikül içinde yumurta üretimini (oogenez) ve foliküllerden östrojen hormonu üretilmesini uyarır. Erkeklerde ise testislerdeki seminifer tüpçüklerin gelişimini ve sperm üretilmesini (spermatogenez) sağlar.

Lüteinleştirici Hormon (LH)

Gonadotropik hormondur. Kadınlarda folikül içindeki yumurtanın yumurtalık kanalına bırakılmasını (ovulasyon) sağlar. Parçalanmış folikülün içi yağ deposu olan korpus luteuma (sarı cisim) dönüşümünü, korpus luteumdan östrojen ve progesteron hormonlarının salgılanmasını sağlar. Erkeklerde ise testislerdeki Leydig hücrelerinden testosteron hormonu salgılanmasını uyarır.

Prolaktin (LTH)

Gebelik süresince meme bezlerinin büyümesini ve doğumdan sonra kadının meme bezlerinden (süt bezleri) süt sentezini uyarır. Prolaktin hormonunun erkeklerdeki işlevi net bilinmemektedir.

Tiroit Uyarıcı Hormon (TSH)

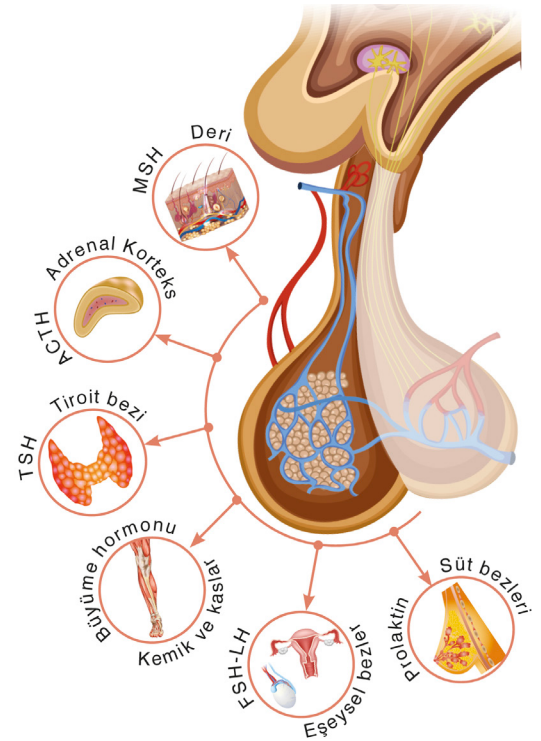
Tiroit bezinin gelişmesini ve çalışmasını düzenler. Tiroit bezinden tiroksin hormonunun salgılanmasını uyarır. TSH hormonunun fazla salgılanması, fazla tiroksin salgısına ve tiroit bezinin büyümesine neden olur.

Adrenokortikotropik Hormon (ACTH)

Böbrek üstü bezlerinin (adrenal bezler) korteks kısmını uyarak buradan hormonların salgılanmasını sağlar.

Melanosit Uyarıcı Hormon (MSH)

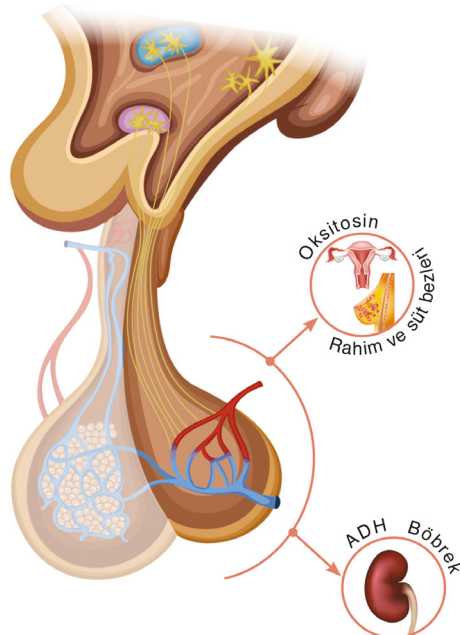
İnsanda fetal dönemde deride, gözlerde ve beyinde bulunan melanin pigmentinin oluşumunu düzenler. Ergin bireylerde MSH hormonunun rolü tam olarak bilinmemektedir. Yapılan çalışmalar, iştah kontrolü ve metabolizma üzerinde dolaylı etkileri olduğunu göstermiştir.



Hipofiz bezinin ön lobundan salgılanan hormonlar

Hipofiz Bezinin Arka Lobundan Salgılanan Hormonlar ve Bu Hormonların Görevleri

Oksitosin



Hipofiz bezinin arka lobundan salgılanan hormonlar

Hipotalamusta üretilen bir hormondur. Oksitosin, hipofiz bezinin arka lobunda depo edilip buradan salgılanır.

Doğum sırasında rahim (uterus) kaslarının kasılmasını, doğumdan sonra süt salgılanmasını uyarır.

Vücutta oksitosin üretimi pozitif geri bildirim mekanizmasıyla düzenlenir.

Antidiüretik Hormon (ADH, Vazopressin)

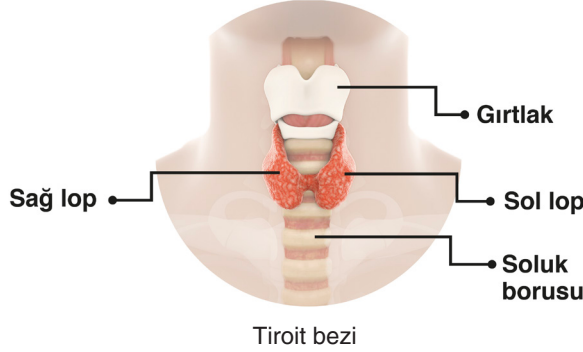
Hipotalamus hormonudur. Vücut sıvı dengesinin düzenlenmesini kontrol eder. Örneğin aşırı terleme, tuzlu yiyecek tüketimi veya uzun süre susuz kalma gibi nedenlerle kandaki su miktarı azalır ve kan osmotik basıncı arttığında hipotalamus kontrolünde hipofiz bezi arka lobundan salgılanır.

Su içme isteğini artırır, böbrek kanallarından suyun kana geri emilimini sağlayarak kan osmotik basıncının ve su seviyesinin normal değerlerde tutulmasını kontrol eder. Bu durumda idrar yoluyla su atımını azaltıp hipertonic idrar oluşturur.

Fazla su içme gibi durumlar nedeniyle kan osmotik basıncı azaldığında ise hipotalamus ADH salgısını ve su içme isteğini azaltır. Böbrek kanallarından su emilimi azalır, hipotonik idrar oluşur. Böylece kanın osmotik basıncı ve su dengesi ayarlanarak homeostasi sağlanmış olur. ADH hormonu ayrıca aşırı kan kaybı gibi kan basıncının düştüğü durumlarda yüksek miktarlarda salgılanarak kan damarlarının daralmasına ve kan basıncının yükselmesine neden olur.

TİROİT BEZİ

Tiroit bezi; boyunda, gırtlakın hemen altında, soluk borusunun önünde bulunan iki loplu bezdir. Tiroit bezinden **tiroksin** ve **kalsitonin** hormonları salgılanır.



Tiroksin

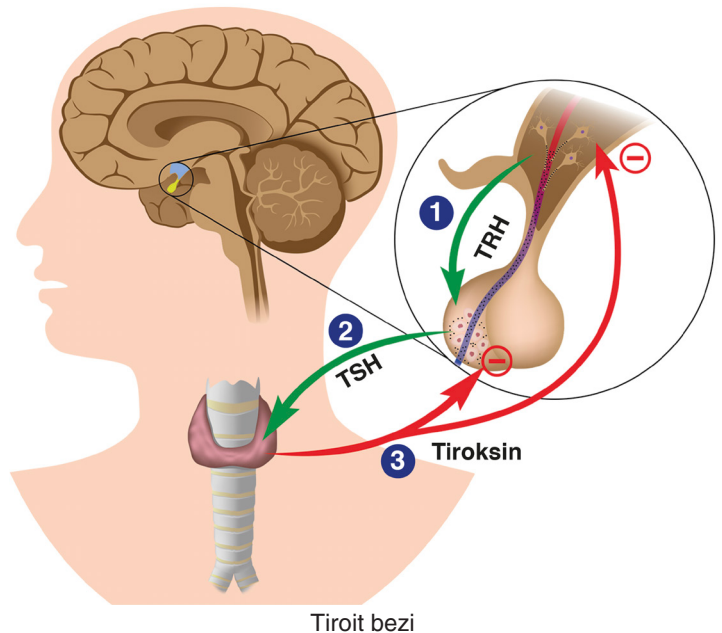
- Hipofiz bezinin TSH salgısı, tiroit bezinin tiroksin salgılamasını sağlar.
- Vücuttaki tüm hücrelerin bazal metabolizma hızının düzenlenmesinde, hücrelerin enerji aktivitesini belirlemede doğru-
dan rolü olan hormondur.
- Yapısında iyot bulunur.
- Normal kan basıncını, kalp atış hızını ve kas gerginliği düzeyini ayarlar; sindirim ve üreme işlevlerini düzenler.
- Tiroksin normal büyüme, gelişme ve sinirsel gelişim için gereklidir.
- Özellikle yapısal proteinlerin sentezi olmak üzere hücrelerin amino asit alımını ve protein sentezini hızlandırır.

Kandaki tiroksin hormonu düzeyinin kontrolü; hipotalamus, hipofiz bezi ve tiroit bezi arasındaki denetleme mekanizması ile düzenlenir.

Vücut sıcaklığı düştüğünde,

1. Hipotalamustan salgılanan tirotropin salgı-
latıcı hormon (TRH), hipofiz bezi ön lobun-
dan TSH hormonu salgılanmasını uyarır.
2. TSH hormonu da tiroit bezine etki ederek
buradan tiroksin hormonu salgılanmasını
sağlar.
3. Tiroksin arttıkça metabolizma hızlanır ve
vücut sıcaklığı artar. Kandaki tiroksin hor-
monu miktarındaki artış, hipotalamusun
TRH salgısını ve hipofiz bezinin TSH sal-
gısını engeller (negatif geri bildirim).

Tiroksinin kanda çok az ya da çok fazla bulunma-
sı, önemli metabolik bozukluklara yol açar. Tiroksin
hormonunun fazla salgılanması, **hipertiroidizm** adı
verilen **otoimmün** hastalığa neden olur. Bağışıklık
sisteminin ürettiği antikorların tiroit bezindeki TSH
reseptörlerine bağlanması, tiroit bezinin kontrolsüz
olarak fazla tiroksin üretmesi ve salgılamasına ne-
den olur. Hipertiroidizm yüksek vücut sıcaklığı, aşırı
terleme, kilo kaybı, sinirlilik, yüksek kan basıncı gibi belirtilere yol açar. Hipertiroidizmin en yaygın görülen tipi, göz küre-
sinin arkasında sıvı birikmesine bağlı olarak gözlerin dışarı doğru çıkması şeklinde belirtisi de olan **Graves** (zehirli guatr)



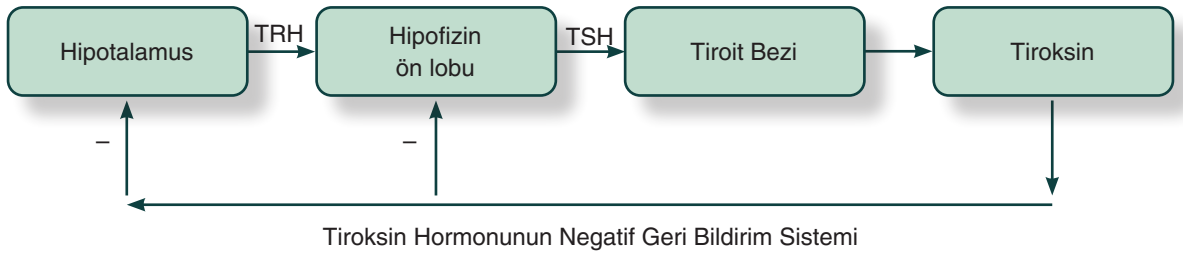
Tiroit bezi

hastalığıdır. Hipertiroidizm tedavisinde tiroit bezinin bir bölümünün ameliyatla alınması ya da tiroit bezinin radyoaktif iyotla küçültülmesi gibi yöntemler uygulanır.

Tiroksin yetersizliği **hipotiroidizm** olarak ifade edilir. Bu durumda yetişkinlerdeki bazal metabolizma hızı yavaşlar; kilo alınması, bitkinlik, soğuğa dayanıksızlık, genel fiziksel ve zihinsel uyuşukluk gibi belirtiler görülür.

Tiroksin, özellikle büyüme ve gelişim sırasında ciddi öneme sahip bir hormondur. Gebelik döneminde fetüs gelişimi sırasında, bebeklik ve çocukluk döneminde tiroksin yetersizliği fiziksel ve zihinsel gelişimin büyük ölçüde gerilemesine yol açar. Tiroksin eksikliği boy kısalığı ve zihinsel engellilik şeklinde görülen **kretenizm** hastalığına neden olur. Tiroksin tedavisine erken başlanırsa bu kusurlar kısmen önlenir.

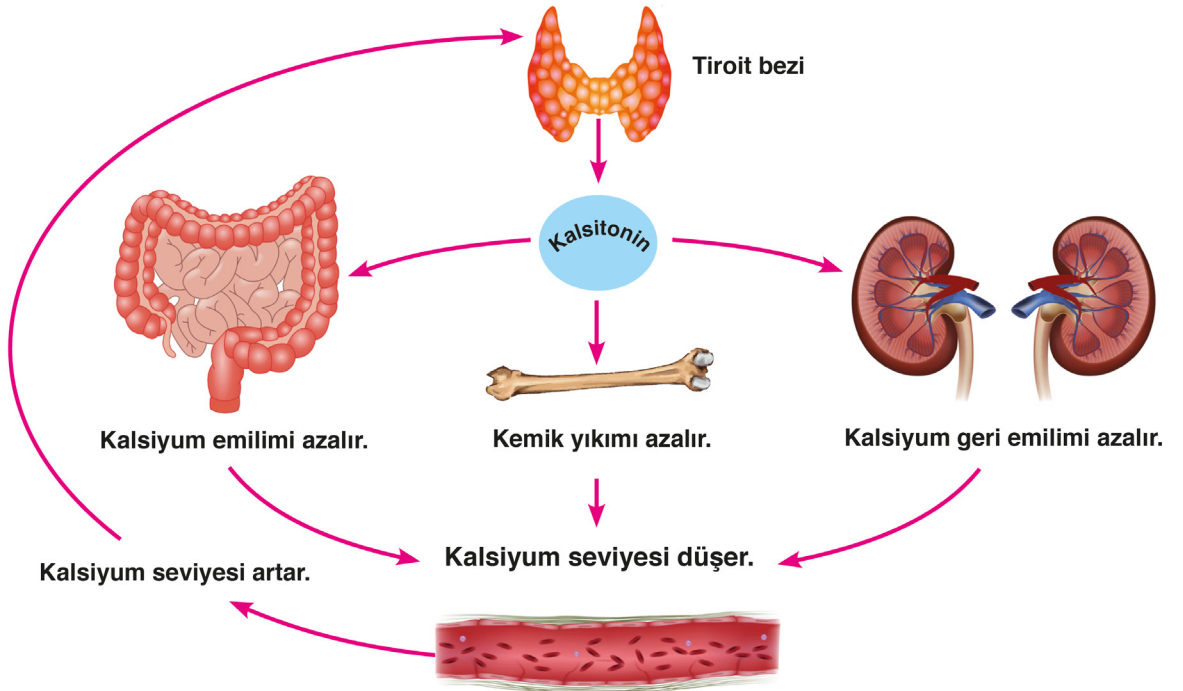
Tiroksin eksikliğinin en yaygın nedeni besinlerdeki iyot eksikliğine bağlı olarak tiroksinin yeterince üretilmemesidir. Bu durumda hipofiz bezinden sürekli TSH salgılanması tiroit bezinde büyümeye neden olur ve **guatr** denilen rahatsızlık ortaya çıkar. Deniz ürünleriyle beslenmek, kaynak sularına iyot eklenmesi ve iyotlu sofra tuzu kullanılması hipotiroidizm nedeniyle görülen guatrın önlenmesinde büyük ölçüde etkilidir.



Kalsitonin

Tiroit bezinden salgılanan diğer hormon kalsitonin hormonudur. Paratiroid bezinin ürettiği parathormonla birlikte kandaki kalsiyum homeostasinin düzenlenmesinde rol oynar.

Kan kalsiyum konsantrasyonunun normal değeri yaklaşık 10 mg/100 ml seviyesindedir. Kalsiyum; kemik oluşumu, kasların kasılması, sinirlerde uyarı iletimi, aktif taşıma, kan pıhtılaşması gibi birçok olay için gereklidir. Bu nedenle kandaki kalsiyum dengesi önemlidir. Kalsitonin hormonu, kandaki kalsiyum normal değerinin üstüne çıktığında fazla kalsiyumun kandan kemiklere geçmesini ve depolanmasını sağlayarak kandaki kalsiyum seviyesini düşürür. Ayrıca böbreklerden kalsiyum ve fosfat geri emilimini azaltarak idrarla kalsiyum ve fosfat atılması sağlanır. Bununla birlikte kalsitonin, bağırsak kanalından kalsiyum emilimini azaltan hafif bir etkiye de sahiptir.



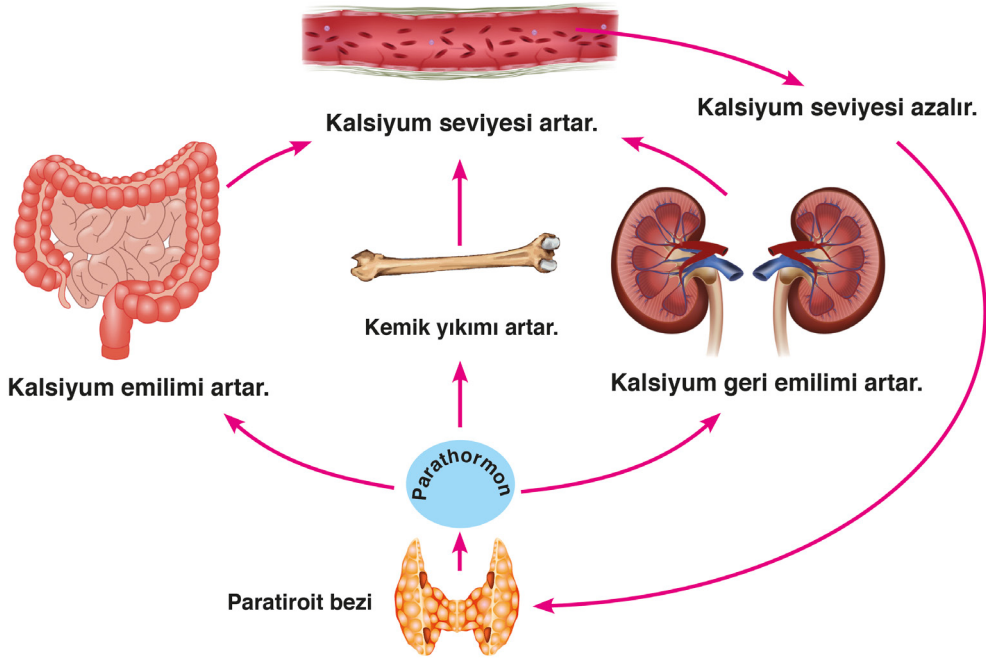
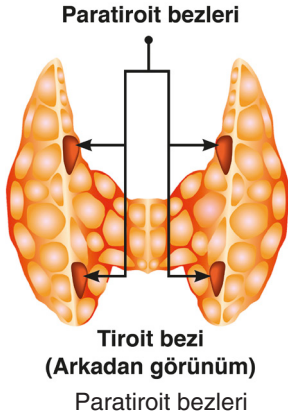
Kandaki kalsiyum seviyesinin düzenlenmesinde kalsitoninin etkisi

PARATİROİT BEZİ

Paratiroid bezi, tiroit bezinin arka yüzeyinde bulunan mercimek büyüklüğünde dört küçük bezden oluşur. Paratiroid bezinden **parathormon** (PTH) salgılanır.

Parathormon

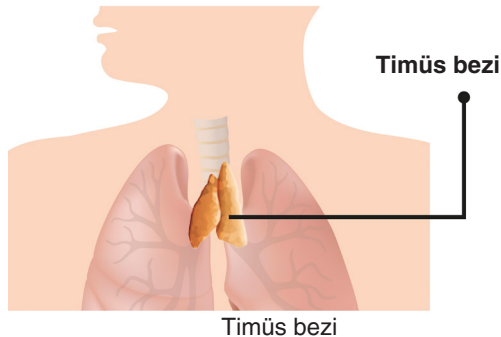
Tiroit bezinden salgılanan kalsitonin hormonunun tersi etkiye sahiptir. Kalsitonin ve parathormon gibi birbirine zıt etkiye sahip hormonlara **antagonist hormonlar** denir. Kandaki kalsiyum seviyesi normal değer altına düştüğünde parathormonun salgısı artar. Parathormon kemikten kana kalsiyum geçişini ve böbreklerden kalsiyumun kana geri emilimini sağlayarak kandaki kalsiyum seviyesini yükseltir. Parathormon, böbreklerde aktif D vitamini oluşumunda etkilidir. Aktif D vitamini de bağırsaklardan kana kalsiyum emilimini sağlayarak parathormonun etkisini artırarak kanda kalsiyum seviyesi normal değerine ulaşır. Kalsitonin ve parathormon aktivitesi ile kandaki kalsiyum dengesi sağlanır. Parathormon kemikten kana kalsiyum geçişini uyardığında aynı zamanda kemikten kana fosfat geçişine de yol açar. Kanda kalsiyum fosfat tuzları oluşumunu engellemek için parathormon etkisiyle böbreklerden idrarla fosfat atılması sağlanır.



Kandaki kalsiyum seviyesinin düzenlenmesinde parathormonun etkisi

TİMÜS BEZİ

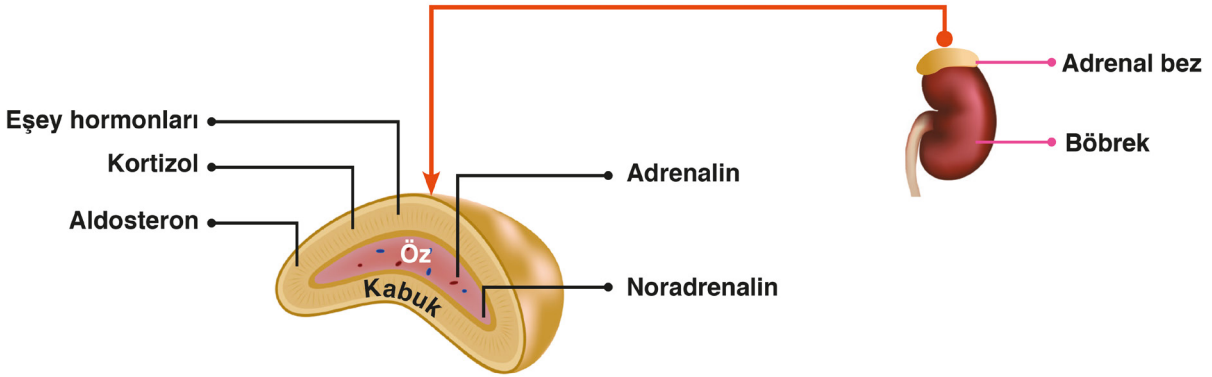
Göğüs kemiğinin hemen arkasında, soluk borusunun üzerinde, iki akciğer arasında yer alan iki loplulu bir endokrin bezdir. Timüs bezinin salgıladığı hormonlar bağışıklık sisteminin önemli hücrelerinden olan T lenfositlerin timüs bezinde olgunlaşmasında ve kana verilmesinde etkilidir. Bu bez ergenlik döneminden sonra küçülmeye başlar ve bezin aktivitesi azalır.



BÖBREK ÜSTÜ BEZLERİ

Böbrek Üstü Bezleri (Adrenal Bezler)

Her iki böbreğin üst kısmında bulunan adrenal bezler, böbreklerden bağımsız olarak çalışır. Bu bezler yapı ve görev bakımından farklı iki kısımdan oluşur. Böbrek üstü bezlerinin dış kısmı **kabuk** (korteks), iç kısmı ise **öz** (medulla) adını alır. Korteks kısmından **aldosteron**, **kortizol**, **eşey hormonları** salgılanır. Medulla kısmından ise **adrenalin** ve **noradrenalin** salgılanır.



Böbrek üstü bezlerinin yapısı ve bu bezlerden salgılanan hormonlar

Kabuk (Korteks) Hormonları

Aldosteron

Kanın, hücrelerin ve hücreler arası doku sıvısının mineral ve su dengesini korumada etkili hormondur. Düşük kan hacmi, vücutta sodyum (Na^+) miktarının azalması, fazla potasyum (K^+) alınması gibi durumlar aldosteron salınımını artırır.

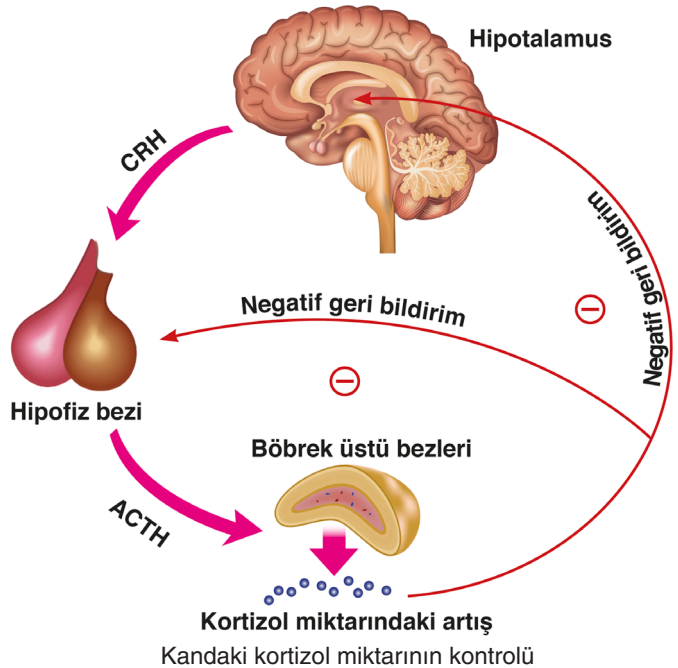
Aldosteron etkisiyle;

- Böbrek kanallarından sodyumun geri Emilimi artırılırken potasyumun atılımı hızlandırılır. Sodyum geri Emilimi ile artan kan osmotik basıncından dolayı suyun geri Emilimi sağlanır ve kan basıncı artar.
- Ter, tükürük ve bağırsak bezlerinden de sodyum çıkışını azaltarak sodyumun kanda tutulmasını sağlar.

Kortizol

Karbohidrat, protein ve yağ metabolizmasında etkilidir. Kortizol salgılanması, hipotalamus ve hipofiz bezi hormonları tarafından kontrol edilir. Stres yaratan bir durum karşısında (aşırı heyecan, korku, öfke, yaralanmalar, enfeksiyonlar, çok yüksek ya da düşük ortam sıcaklığı gibi) hipotalamustan kortikotropin salgılatıcı hormon (CRH) salgılanır. CRH, hipofiz bezi ön lobundan ACTH hormonu salınımını uyarır. ACTH etkisiyle adrenal bezlerin korteks kısmından kortizol hormonu salgılanır.

- Kortizol, hücrelerin glikoz kullanımını azaltarak protein yıkımını artırır.
- Yağların yıkımı da artırılarak hücrelerin enerji ihtiyaçlarını yağ asitlerinden karşılamaları sağlanır.
- Protein yıkımı sonucu oluşan amino asitlerden glikoz sentezlenmesinde kortizol etkilidir. Böylelikle kan glikoz seviyesi yükseltilir. Hücrelere ihtiyaç duyulan enerji kaynağı takviyesi yapılır.
- Kandaki kortizol hormonu miktarındaki artış, hipotalamusun CRH ve hipofiz bezinin ACTH salgısını engeller (negatif geri bildirim).



Kortizolun fazla salgılanması; bağışıklık sistemi reaksiyonlarını baskılayıcı, alerji ve yangı (iltihaplanma) önleyici etkilere neden olur. Bu nedenle artrit gibi şiddetli yangılara neden olan hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Ancak uzun süreli kortizol kullanımı, bağışıklık sistemini baskıladığı için ciddi yan etkilere neden olmakta ve metabolizmayı olumsuz etkilemektedir.

Adrenal Eşey Hormonları

Erkek ve kadınlarda adrenal bezlerin korteks kısmından az da olsa eşey hormonları salgılanır. Bu hormonlar daha çok testosteron gibi androjenler, az miktarda da progesteron ve östrojendir.

Öz (Medulla) Hormonları

Otonom sinir sistemi faaliyetleri ve adrenal bezlerin öz bölgesi hormonlarının kandaki miktarının artması korku, heyecan, tehlike gibi stres durumlarına karşı vücutta birçok fizyolojik değişime neden olur.

Adrenalin (Epinefrin): Stres durumunda sinir sistemi etkisiyle adrenalinin salgısı artar ve kandaki seviyesi yükselir. Bu durum;

- Kalp atışını hızlandırır.
- Kan basıncını yükseltir.
- Akciğerlerdeki bronşları genişleterek vücuda daha çok oksijen taşınmasını sağlar. Soluk alışverişi hızlanır.
- Göz bebeklerinin büyümesine ve tüylerin diken diken olmasına neden olur.
- Karaciğerdeki glikojenin glikoza dönüşümünü hızlandırarak kandaki glikoz miktarını artırır.
- Sindirim sistemi, böbrekler ve deriye kan götüren damarların daralmasını sağlayarak buralara daha az kan gitmesine neden olur.
- Kalp, beyin gibi organlara ve iskelet kaslarına giden damarları genişleterek kan akışını buralara yönlendirir.

Noradrenalin (Norepinefrin)

Kandaki noradrenalin artışı, adrenalin artışına benzer etkiler oluşturur. Noradrenalinin öncelikli görevi ise kan basıncının dengede tutulmasını sağlamaktır.

PANKREAS

Midenin alt ve arka tarafında bulunan pankreas hem endokrin hem de ekzokrin bez olarak görev yapan karma bir bezdir. Pankreasın sindirim enzimi ve bikarbonat üreten ekzokrin dokuları arasına yerleşmiş olan, **Langerhans adacıkları** olarak bilinen hücre toplulukları endokrin bez olarak görev yapar. Buradaki alfa hücreleri **glukagon** hormonu, beta hücreleri **insülin** hormonu salgılar.

İnsülin

Karbohidratlı besinler, yemekten sonra kandaki glikoz yoğunluğunu artırır. Bu durumda pankreasın insülin salgısı artar. Beyin hücreleri dışında glikozun karaciğer ve vücut hücrelerine geçişi hızlanır. Böylece kan glikoz miktarı azalır.

İnsülin etkisiyle;

- Glikozun fazlası karaciğer ve kaslarda glikojen, yağ doku hücrelerinde ise yağ şeklinde depolanır.
- Karaciğerdeki glikojen yıkımını yavaşlatır, yağ ve proteinlerin glikoza dönüşümünü engeller.
- Amino asitlerden protein sentezlenmesini sağlar.

İnsülin hormonunun yetersiz salgılanması (Tip I Diyabet) ya da hedef hücrelerin insüline az tepki vermesi (Tip II Diyabet) durumunda **şeker hastalığı** (diabetes mellitus) görülür. Bu durumda hücrelere glikoz geçişi olmaz ve kan şekeri yükselir. Fazla glikoz idrarla dışarı atılır.

Glukagon

Açlık durumu gibi kan glikoz seviyesi normalin altına indiğinde pankreas glukagon hormonu salgılar. Glukagon artışının etkisi ile karaciğerdeki glikojenin glikoza dönüşümü ve kana geçişi hızlanır. Böylece kan glikoz miktarı yükselerek normal değerine döner.

Glukagon;

- Karaciğerde amino asitlerden ve gliserolden glikoz sentezlenmesini sağlar.
- Yağ dokudan yağ asidi ve gliserol salınımını uyarır.

Metabolik denge için kandaki glikoz düzeyinin insanlarda ortalama 90 mg/100 ml olması gerekir. İnsülin ve glukagon, kandaki glikoz seviyesini ayarlayan ve birbirine zıt çalışan (antagonist) iki hormondur. Böylece kandaki glikoz seviyesi normal değerlerinde tutularak **homeostasi** sağlanır.

EŞEYSEL BEZLER

Eşeyssel Bezler (Gonatlar)

Kadınlarda yumurtalıklar (ovaryumlar) ve erkeklerde testisler, **gonatlar** olarak adlandırılan eşeyssel bezlerdir. Yumurtalıklar rahmin iki yanında ve karın boşluğunda, testisler vücut dışındaki skrotum denilen testis torbası içinde bulunur. Erkek ve dişi gonatlar, üreme hücrelerini (sperm, yumurta) meydana getirmenin yanı sıra endokrin bez olarak da görev yapar. Bundan dolayı karma bez olarak kabul edilir.

Eşeyssel bezlerden eşey hormonlarının üretilmesi ve salgılanması, hipotalamus hormonu (GnRH) ve hipofiz bezi hormonları (FSH ve LH) arasındaki geri bildirim mekanizması ile kontrol edilir. Eşey hormonları büyüme ve gelişmeyi düzenler, üreme döngülerini ve eşeyssel davranışları kontrol eder.

Yumurtalık Hormonları

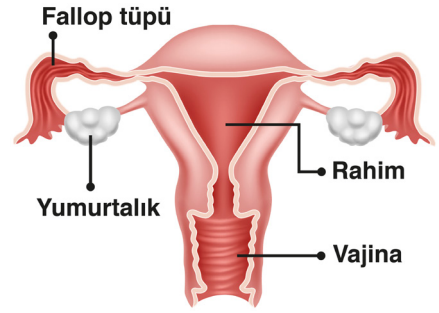
Yumurtalıklar **östrojen** ve **progesteron** hormonlarını üretir, salgılar.

Östrojen

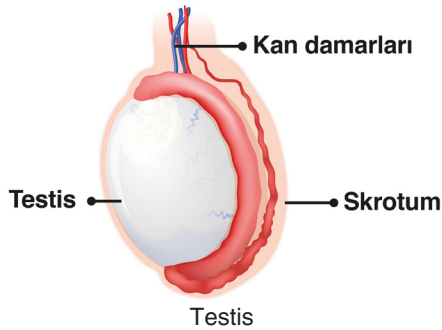
Kadınlarda üreme organlarının gelişmesinden ve ergenlikte meme bezlerinin büyüüp gelişmesi, ses incilmesi, kalça genişlemesi, boy uzaması gibi ikincil eşeyssel özelliklerinin oluşmasından sorumludur. Menstrual döngünün düzenlenmesinde etkilidir. Hücre bölünmesini hızlandırarak rahim duvarının kalınlaşmasını sağlar. Östrojen hormonu; ovaryumdan, menstrual döngü sırasında oluşan korpus luteumdan ve gebelikte plasentadan salgılanır.

Progesteron

Rahim duvarının kılcal damarlarla zenginleşmesini ve kalınlaşmasını sağlayarak gebelikte embriyonun yerleşmesi, büyüüp gelişmesi için uygun ortam oluşturur. Gebelik süresince rahimde kasılmasını ve rahim iç duvarının atılmasını önleyerek gebeliğin devamını sağlar. Progesteron hormonu, yumurtalıkta korpus luteumdan ve gebelik süresince plasentadan salgılanır.



Dişi üreme sistemi



Testis Hormonları

Erkek üreme sisteminin parçası olan testisler skrotum adı verilen bir torbanın içinde yer alır. Testislerden salgılanan erkek eşey hormonlarına androjenler denir. Başlıca hormonu testosteron hormonudur.

Testosteron

Testislerde bulunan leydig hücreleri tarafından salgılanır. Spermilerin olgunlaşmasını sağlar. Erkek üreme organlarının gelişmesinde ve ergenlikte sakal ve bıyık çıkması, sesin kalınlaşması, kasların gelişmesi, boy uzaması gibi ikincil eşeyssel özelliklerin oluşmasında etkilidir.

DUYU RESEPTÖRLERİ

Duyu Organlarında Bulunan Reseptörler

Duyu reseptörleri; mekanoreseptörler, kemoreseptörler, elektromanyetik reseptörler, termoreseptörler ve ağrı reseptörleri olmak üzere beş çeşittir.

Mekanoreseptörler: Mekanik enerji formlarının (basınç, dokunma, gerilme, hareket) ortaya çıkardığı fiziksel değişimleri algılar. Deride ve kulakta bulunur.

Kemoreseptörler: Kimyasal maddelere duyarlı olan reseptörlerdir. Dilde ve burunda bulunan belirli bir molekül çeşidine özgül reseptörler ile kanın osmotik basıncındaki değişimleri algılar.

Elektromanyetik reseptörler: Elektromanyetik enerjinin değişik formlarını (manyetizma, elektrik, ışık gibi) saptayan reseptörlerdir. Gözde bulunan fotoreseptörler ışığa karşı duyarlı olup bir elektromanyetik reseptör çeşididir.

Termoreseptörler: Sıcak, soğuk gibi ısı enerjisindeki değişikliklere duyarlı olan reseptörlerdir. Deride bulunur.

Ağrı reseptörleri: Aşırı şiddetteki sıcaklık, basınç ve kimyasal uyarılara duyarlı reseptörlerdir.

DERİ

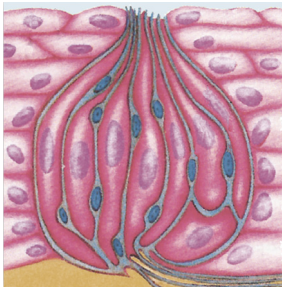
Dokunma duyusu organı deri, vücudun dış yüzeyini kaplar ve bulunduğu bölgeye göre kalınlığı değişir. Deri, **epitel doku** ve **temel bağ dokudan** oluşur.

Epitel Doku

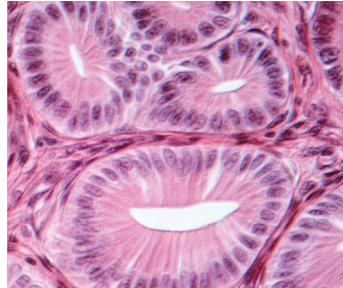
- Vücudun dış yüzeyini, organların ve vücut boşluklarının iç yüzeyini kaplayan dokudur.
- Epitel doku hücreleri birbirine yakın şekilde yerleştiklerinden hücreler arası boşlukları çok azdır ya da yoktur.
- Epitel doku hücrelerinin bölünme hızı yüksektir. Kan damarları bulunmadığından epitel hücreler ihtiyaç duyduğu maddeleri bağ dokudan difüzyonla sağlar.

Epitel doku görevlerine göre **örtü**, **duyu** ve **bez** (salgı) epiteli olarak sınıflandırılır. **Örtü epiteli** vücudu sararak dış etkenlerden korur. **Bazı duyu reseptörleri** epitel dokunun farklılaşmasıyla oluşur. **Salgı epitelinden** süt, hormon, mukus gibi maddeler salgılanır.

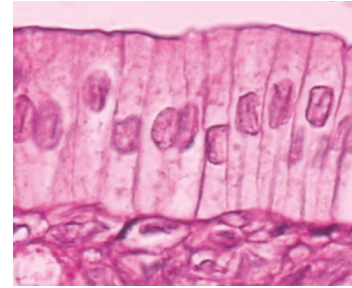
- Epitel doku içerdiği hücrelerin yapısına göre **tek katlı**, **çok katlı** ve **yalancı çok katlı** olarak üç çeşittir.
- Kalp, kan damarları ve lenfatik kanalların iç yüzünü kaplayan, vücut içi boşluklarını döşeyen ve organların etrafını çevreleyen zarlar tek katlı epitelten oluşur.
- Aşınmaya ve su kaybına karşı koruyucu tabaka olan deri ve ağız boşluğu çok katlı epitelten oluşur. Çok katlı epitel dokunun yenilenme hızı yüksektir.
- Yalancı çok katlı epitel hücreleri farklı boyda olabilir. Işık mikroskopunda hücre çekirdekleri farklı seviyelerde görüldüğünden çok katlı epitel izlenimi verir. Solunum yollarında bulunan yalancı çok katlı epitel doku silli yapıya sahiptir.



a)



b)

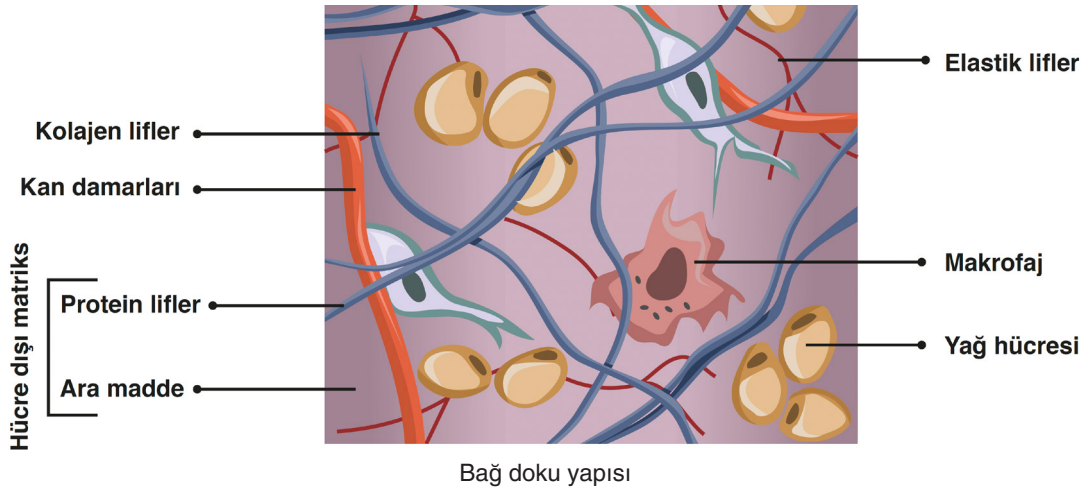


c)

Epitel doku çeşitlerinden a) duyu epitelinin şematik, b) salgı epiteli ve c) örtü epitelinin mikroskopik görüntüleri

Temel Bağ Doku

- Hücreler, dokular ve organlar için destek ve koruma sağlar.
- Bağ doku; **hücreler**, **protein lifleri**, **proteinler** ve **ara maddeden** oluşur. Protein lifleri ve ara madde hücre dışı matriksi meydana getirir. Bu matriks, hücrelerle kan arasındaki madde alışverişinin sağlandığı ortamdır.
- Bağ dokuda bulunabilen hücre tipleri **fibroblastlar**, **makrofajlar**, **mast hücreleri**, **plazma hücreleri**, **yağ hücreleri** ve **lökositlerdir**.
- Fibroblastlar onarımda esas işi üstlenir. Yara iyileşmesi sırasında bol miktarda aktin ve miyozin içeren yeni oluşan fibroblastlar yaranın kapanmasına yardımcı olur.
- Makrofaj hücreleri vücudun savunmasında görev alır.
- Mast hücreleri doku yaralanmasına karşı verilen tepkide görev alır.
- Fibroblastlar bağlanma, esneklik ve dokuya direnç kazandırmada görev alır.
- Herhangi bir yaralanma ya da zedelenme sonucu bağ doku yenilenmeye ve yarayı iyileştirmeye başlar.
- Ameliyat yaralarının iyileşmesi bağ dokunun yenilenme yeteneğine bağlıdır.
- Deri, gevşek bağ doku yapısına sahiptir. Vücudu saran deri onu fiziksel etkilere, kimyasallara ve zararlı ışınlar karşı korur.
- Vücuda zararlı organizmaların girmesini engeller ve atıkların ter yoluyla dışarı atılmasını sağlar.
- Vücut ısısının sabit tutulmasında etkilidir.



Bağ doku yapısı

Derinin Tabakaları ve Görevleri

Deri temel olarak **üst deri** ve **alt deri** olmak üzere iki kısımda incelenir.

Üst Deri (Epidermis)

- Çok katlı epitel dokudan oluşan üst derinin en üst kısmında ölmüş yassı epitel hücrelerinden oluşan bir katman bulunur. Bu katmana **korun tabakası** adı verilir.
- Korun tabakası derinin geri kalan canlı kısımlarını mikroorganizmalara, kimyasal maddelere, mekanik ve fiziksel etkilere karşı koruma altına alır.
- Saç, tırnak gibi yapılar korun tabakasının kalınlaşması ve keratinle birleşmesiyle oluşur.
- Korun tabakasının altında silindirik epitel hücrelerinin arasında melanosit hücreleri bulunur. Melanosit hücreleri deriye renk veren melanin pigmentini bulundurur.
- Korun tabakasının altındaki bu kısma **malpighi tabakası** adı verilir.

Alt Deri (Dermis)

- Üst derinin altında nispeten daha kalın bir kısım olan alt deri, kolajen ve elastik lifler içerir.
- Yoğun ve düzensiz bağ dokudan oluşmuştur. İçerdiği lifler sayesinde çekme veya germe kuvvetlerine karşı dirençlidir.
- Kan damarları, sinirler, kıl kökleri, ter ve yağ bezleri alt deriye gömülüdür.
- Üst deride kan damarları bulunmazken alt deride bulunan kan damarları derinin beslenmesini sağlar.
- Ter bezleri, kıl kökleri ile bağlantılı olup terlemeyle vücut ısısının ayarlanmasına yardımcı olur.
- Yağ bezleri derinin nemli kalmasını sağlar. Kıllar, kıl köküne sarılmış serbest sinir uçları (kıl kökü reseptörü) sayesinde dokunmada ve hareketi algılamada görev alır.
- Alt derinin altında derinin bir parçası olmayan deri altı tabaka bulunur. Deri altı tabaka, yağ deposu işlevi gören yağ doku içerir.
- Alt deriden uzanan lifler sayesinde deri, deri altı tabakasına tutunmuştur.
- Duyu reseptörleri alt deride uyarının tipine göre yerleşmiştir. Hafif dokunma ya da titreşimi algılayan reseptörler yüze-ye yakın bulunurken kuvvetli basınç ve titreşimi algılayan reseptörler derinde yer alır.
- Vücudun her yerine dağılmış duyu reseptörleri dudaklarda ve parmak uçlarında yoğun şekilde bulunur.

Meissner (meysner) Cisimcikleri

Dokunmaya duyarlı duyu reseptörleridir. Dokunmanın başlangıcını ve düşük frekanslı titreşimleri algılar. Her bir cisimcik bağ doku kapsülüyle çevrelenmiş dendrit kütesidir. Parmak uçları, avuç içleri, göz kapakları, dilin ucu, dudaklar gibi kılsız deride bulunur.

**Serbest Sinir Uçları**

Ağrıya, temasa, ısıya karşı duyarlıdır. Gıdıklanma ve kaşıntı hissinin oluşmasında görev alır.

**Merkel Diskleri**

Daha çok kıllı deride bulunur ve dokunmada görev alır. Sürekli dokunma ve baskıyı algılar. Üst deriyle temas eden daire şeklinde, düzleştirilmiş serbest sinir uçlarıdır.

**Krause (kiras) Cisimciği**

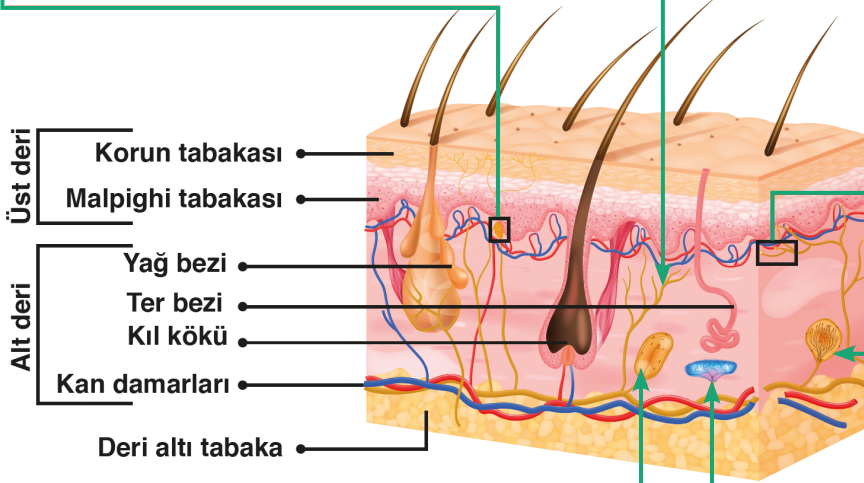
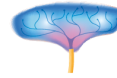
Kapsüllenmiş sinir uçlarından oluşur. Dokunma ve basıncın algılanmasında görev alır. Bazı kaynaklara göre Krause cisimciği soğukun algılanmasında da işlev görür.

**Pacini (paçini) Cisimciği**

Alt deride, deri altı tabakasında ve diğer vücut dokularında bulunur. Yoğunlukla ayak tabanlarında ve avuç içlerinde bulunan Pacini cisimciği basıncı ve titreşimi algılamada görev alır. Ayrıca eklem ve kaslardan alınan bilgiyle sinir sisteminin eklem rotasyonu hakkında bilgi edinmesine yardımcı olur.

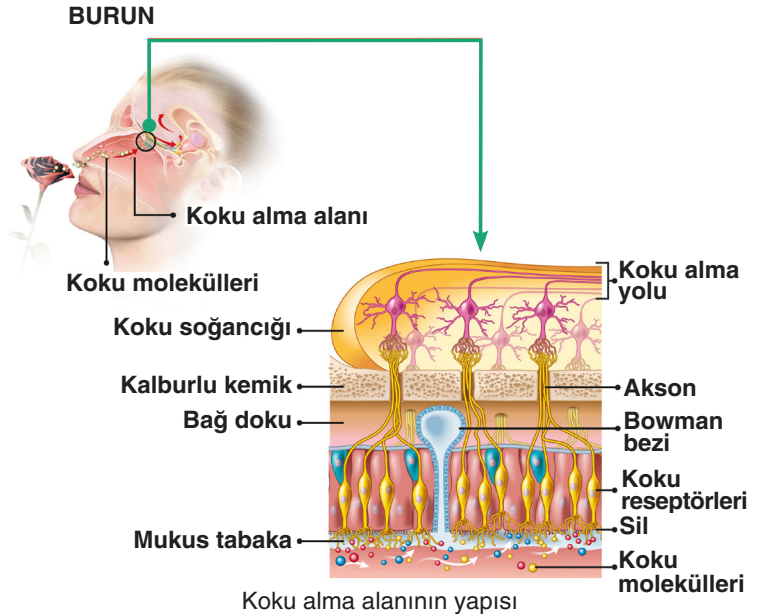
**Ruffini (rufini) Cisimcikleri**

Alt deride, deri altı tabakada ve vücudun diğer dokularında bulunan cildin gerilmesini ve basıncı algılayan kapsüllü reseptörlerdir. Ayrıca eklem ve kaslardan alınan bilgiyle sinir sisteminin vücut pozisyonu hakkında bilgi edinmesine yardımcı olur.



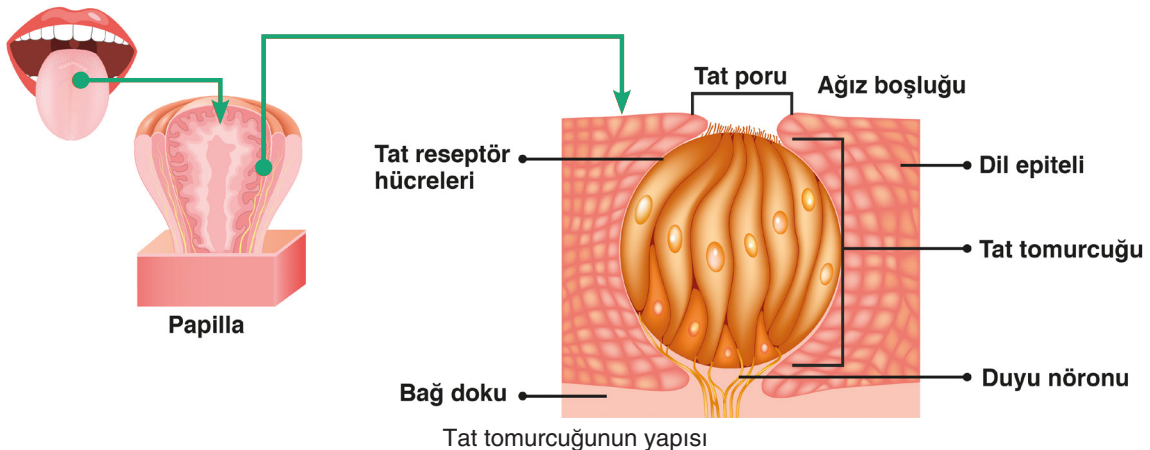
Derinin enine kesiti ve duyu reseptörleri

- Koku alma organı olan burun, aynı zamanda solunum organı olarak da görev yapar.
- Burnun solunumla alınan havayı temizleme, ısıtma, nemlendirme gibi görevleri vardır. Burun boşluğunun üst kısmında koku alma alanında (sarı bölge) epitel hücreler ve kemoreseptör olarak işlev gören özelleşmiş sinir hücreleri bulunur.
- Farklı kokular için özelleşmiş olan bu kemoreseptörler, binlerce farklı kokuyu ayırt edebilir.
- Burna gelen koku molekülleri **Bowman** (Bovman) bezlerinden salgılanan mukus içinde çözünür.
- Kemoreseptörlerin mukus sıvısı içine kadar uzanan dendritlerinin sil şeklindeki uzantıları uyarıyı alır ve impuls oluşturur.
- Reseptör hücrelerin aksonları ise buradaki kemik yapının içindeki deliklerden geçerek beyindeki koku soğancığına kadar uzanıp buradaki nöronlarla sinaps yapar.
- Koku soğancığındaki nöronlar, talamusa uğramadan doğrudan beyin korteksindeki değerlendirme merkezine gider.



DİL

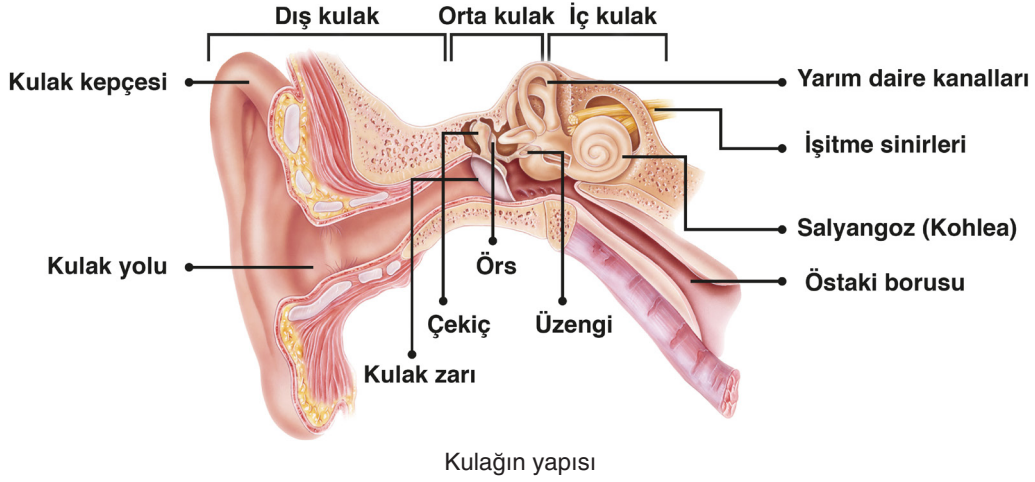
- Tat alma organı dilin üst tabakası çok katlı yassı epitelden oluşmuştur.
- Dil sadece tat alma organı değil konuşma, lokmayı çevirme ve yutmada da görev alır.
- Dilin yüzeyinde bulunan çıkıntılara **papilla** adı verilir. Papillanın içerisinde 3.000-10.000 kadar tat omurcuğu, tomurcukların içerisinde ise epitel hücrelerden özelleşmiş tat reseptörleri bulunur.
- Tat reseptörleri temelde tatlı, acı, tuzlu, ekşi ve umami (lezzetli) olarak sınıflandırılır. Dil, tat alma görevini koku alma duyusu ile birlikte daha iyi gerçekleştirir. Üst solunum yolu enfeksiyonları gibi rahatsızlıklarda burnun tıkalı olması nedeniyle yiyeceğin kokusu ve tadı iyi bir şekilde algılanmaz.
- Tat alma tomurcuklarının aktif olabilmesi için yiyeceklerin tadının dildeki mukus içerisinde çözünmesi gerekir.
- Çözünen madde, reseptörleri uyarır ve impuls oluşumunu sağlar.
- İmpulslar duyu sinirleri ile beyinde tat alma merkezine ulaşır ve maddenin tadı algılanmış olur.
- Tat tomurcukları bulunan dilin herhangi bir bölgesi, beş çeşit tattan herhangi birini algılayabilir.
- Ağız kuruluğu, Parkinson hastalığı, kafa travmaları, diyabet, hamilelik, tütün mamülleri kullanımı ve yaşlanma tat duyusunda bozukluğa neden olan faktörler arasında yer alır.
- Tat duyusu bozuklukları diğer duyu bozukluklarına göre daha az önemsense de yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir.



KULAK

Kulağın Genel Yapısı

- Kulak, işitme ve dengeden sorumlu organdır.
- İşitme olayında oluşan impulsları beyne, denge olayında oluşan impulsları ise beyinciğe iletir.
- Kulak; **dış kulak**, **orta kulak** ve **iç kulak** olmak üzere üç kısımdan oluşur.



Kulağın yapısı



DİKKAT

85 desibelin üstündeki seslerin şiddeti, kulak zarına zarar vererek işitme kaybına neden olabilir.

Dış Kulak

- Kulak kepçesinden kulak zarına kadar olan bölümdür.
- Ses dalgalarını toplayan kulak kepçesi kıkırdak yapılıdır.
- Kulak yolu yaklaşık 2,5 cm uzunluğunda olup hücrelerinin salgıladıkları sıvı ile toz, kir gibi kulağa giren yabancı maddelerin tutulmasını sağlar.
- Kulak kepçesi ile toplanan ses dalgalarını kulak zarına iletir.

Orta Kulak

- Çekiç, örs ve üzengi kemiklerini içerir. Bu kemikler kulak zarından aldıkları titreşimleri yükselterek oval pencereye aktarır.
- Orta kulakta yutakla bağlantılı olan açık bir kanal vardır. **Östaki borusu** adı verilen bu kanal atmosfer ile orta kulak arasındaki basıncı dengeleyerek basınç değişimlerinden kulak zarının zarar görmesini engeller.

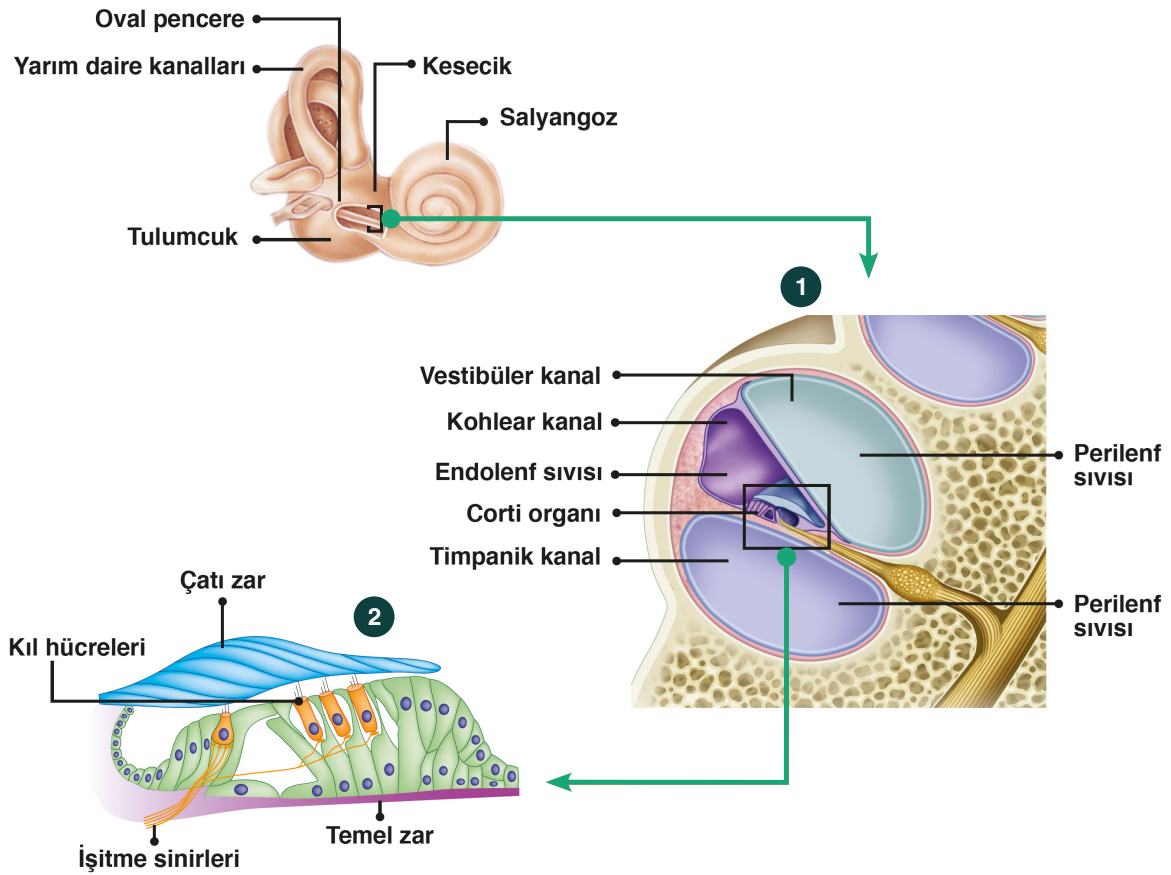


DİKKAT

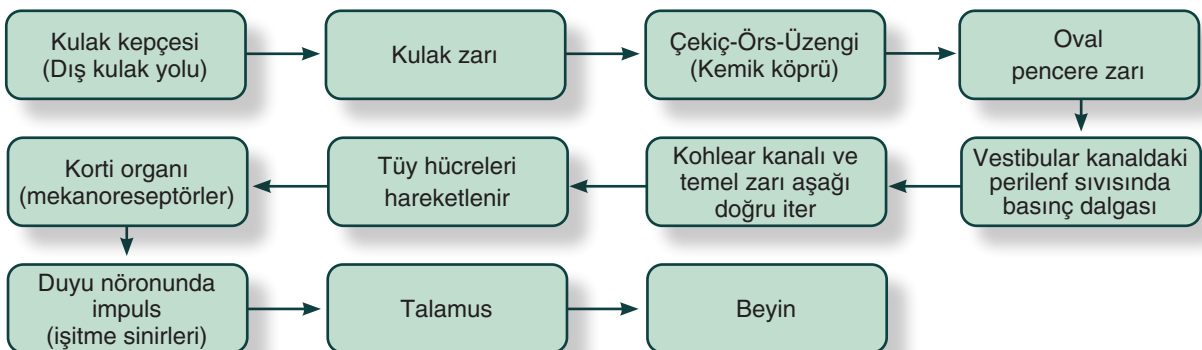
Östaki borusu çocuklarda düz ve kısadır. Biberonla beslenme, sigara dumanında kalma gibi etkenler çocukların orta kulak iltihabına yakalanma olasılığını artırır.

İç Kulak

- İçi sıvı dolu **salyangoz** (kohlea), **tulumcuk**, **kescik** ve **yarım daire kanallarından** oluşur. Bu kanallar hem işitme hem de vücudun yatay ve dikey dengesinin korunmasında görev alır.
- Orta kulak iç kulakla bağlantıyı **oval pencere** ile sağlar. Oval pencerenin iç kulağa bakan tarafında tulumcuk ve kescik yer alır. Tulumcuk yarım daire kanalları ile bağlantılıdır, kesciğin ucunda salyangoz yer alır.
- Salyangoz içinde üç kanal bulunur. Üstteki kanala **vestibüler kanal**, ortadaki kanala **kohlear kanal**, alttaki kanala ise **timpanik kanal** adı verilir.
- Vestibüler kanal ve timpanik kanalın içi **perilenf sıvısı**, kohlear kanalın içi **endolenf sıvısı** ile doludur. Vestibüler kanal oval pencereye, timpanik kanal ise yuvarlak pencereye açılır.
- Kohlear kanal vestibüler ve timpanik kanalların arasında zarlarla ayrılmıştır. Kohlear kanalın **temel zar** adı verilen zarı üzerinde basınç dalgalarını aksiyon potansiyellerine dönüştüren Corti (korti) organı yer alır. Corti organı basınç dalgalarıyla zar potansiyelleri değişebilen kıl hücrelerini içerir. Kıl hücrelerinin üzerinde onların bağlı olduğu çatı zar bulunur. Ses dalgaları temel zarı hareket ettirdiğinde çatı zarına bağlı kıl hücreleri iki zar arasında basınca maruz kalır. Kıl hücrelerinde zar potansiyeli değişir ve nörotransmitterler salınır. Duyu nöronlarının bu sayede uyarılmasıyla impuls oluşur.



Salyangoz ve salyangozun içerdiği yapılar



İşitme Olayı

Ses dalgaları kulaktan girerek beyindeki işitme merkezine ulaşınca kadar bir dizi olay gerçekleşir.

1-20-20.000 Hz (Hertz) arasındaki sesler kulak kepçesinde toplanarak kulak yolundan geçer.

2-Ses dalgaları kulak zarını titreştirir.

3-Titreşen zar; titreşimleri orta kulaktaki çekiç, örs ve üzengi kemiklerine aktarır. Bu kemikler ses titreşimlerinin gücünü 15-20 kat yükselterek oval pencereye gönderir.

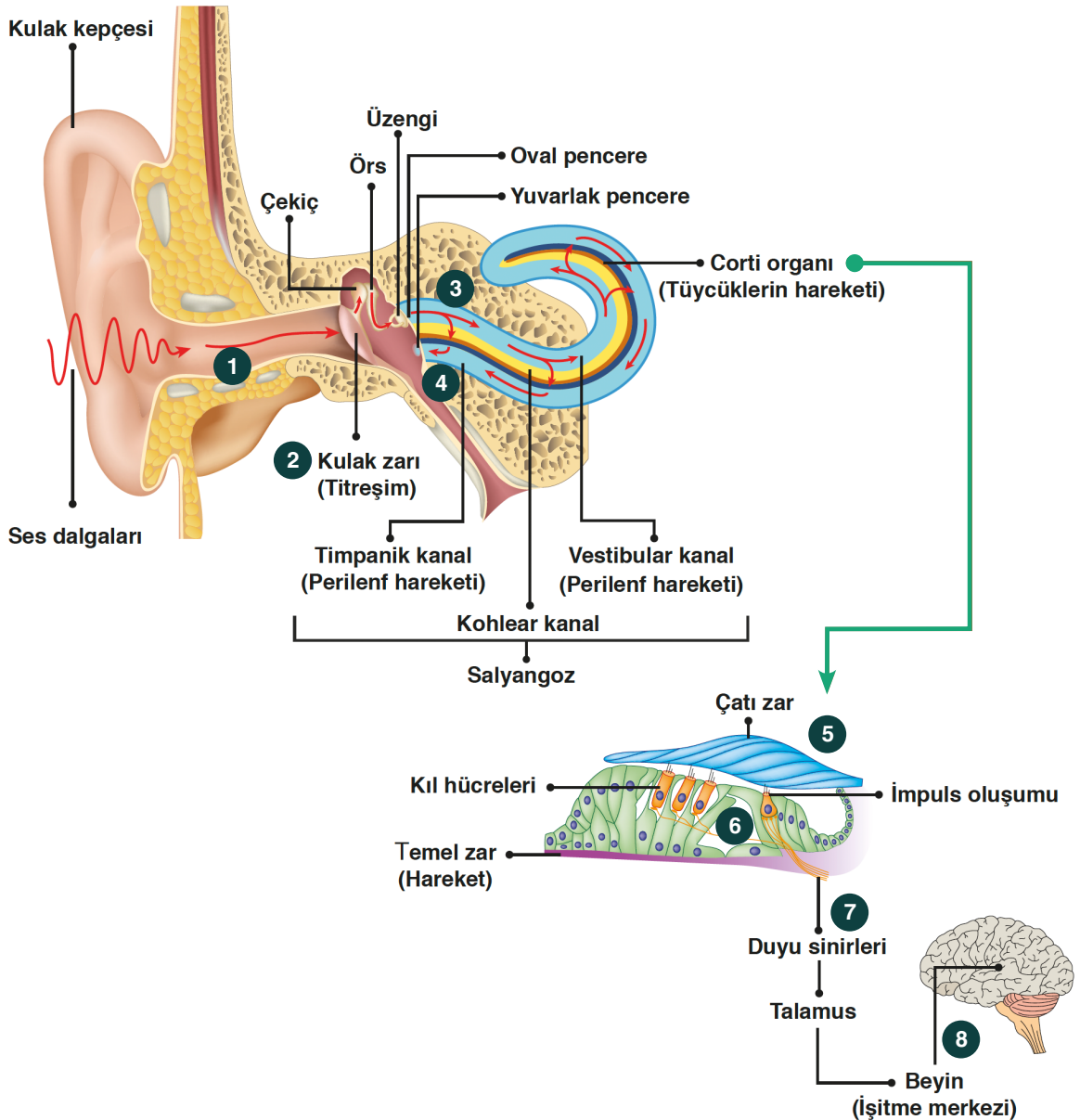
4-Oval pencereden içeri giren ses titreşimleri dalızdan geçer ve vestibüler kanal içindeki sıvıda basınç dalgası oluşturur. Dalga buradan timpanik kanala geçerek yuvarlak pencerede son bulur.

5-Vestibüler kanaldaki basınç dalgaları kohlear kanaldaki temel zarı titreştirir bu titreşimler, tüylü duyu hücrelerinin çatı zara temas edip uzaklaşmasını sağlar.

6-İşitme aralığının altındaki frekanslara sahip sesler mekanoreseptörlerde uyarı oluşturmaz. İşitme aralığındaki frekansa sahip sesler kohlear kanaldan geçerek temel zarı titreştirir ve kıl hücrelerinin zar potansiyeli değişir.

7-Kıl hücrelerinden nörotransmitter madde salgılanması ile duyu nöronlarında aksiyon potansiyelleri oluşur.

8-Duyu nöronları, impulsları salyangozdan çıkarıp önce talamusa oradan beyin kabuğundaki işitme merkezine iletir ve işitme gerçekleşir.

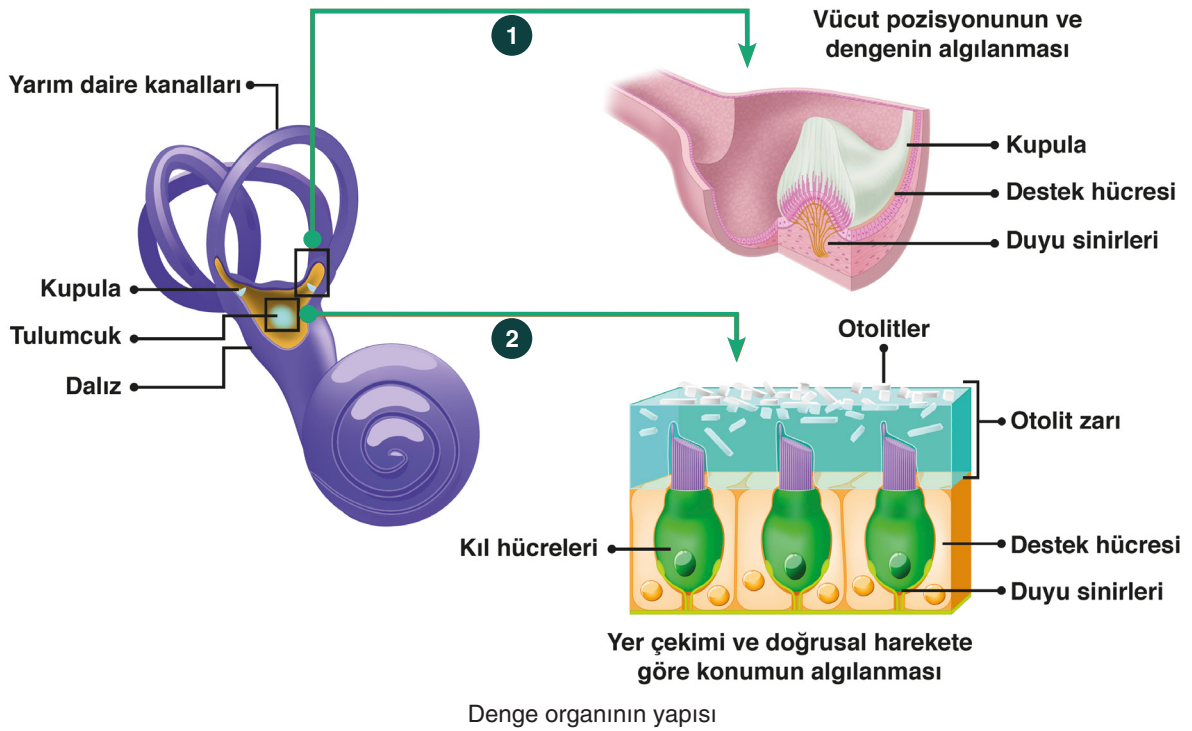


Ses dalgalarının izlediği yol

Denge

Denge, kısmen gözlerden ve eklemlerdeki reseptörlerden alınan bilgilerin yanında iç kulaktaki denge organı sayesinde sağlanır.

- Yarım daire kanalları üç farklı düzlemde birbirine dik açılarda yerleşmiş, içinde endolenf sıvısı bulunan kanallardır. Yarım daire kanallarının şişkin tabanında kıl hücreleri demeti bulunur. Kıl hücrelerinin kılları **kupula** adı verilen yarı akışkan sıvı benzeri bir başlık içinde yer alır.
- Baş hareket ettirildiğinde yarım daire kanallarındaki sıvı akışı kupulaya baskı yaparak kıl hücrelerini eğdirir. Kıl hücrelerinin bu hareketi sinir hücrelerinde impuls oluşturur. Oluşan impulslar uç beyne ve beyinciğe iletilerek vücudun pozisyonu algılanır ve denge sağlanır.



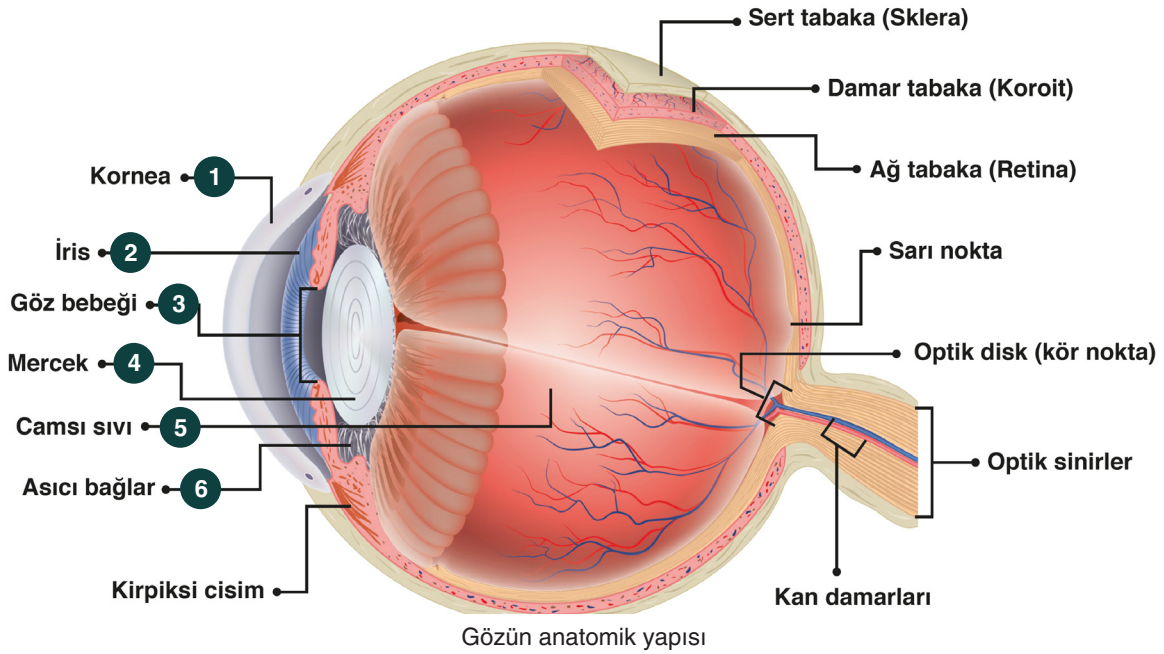
KRİTİK BİLGİ

Orta kulak iltihabı, çocuklarda işitme kaybının en sık nedenidir. Bu rahatsızlıkta kulak zarı şişer, iltihaplanır ve kızarır. Genellikle yetişkinlerde kafa travmaları, solunum yolu hastalıkları ya da iç kulak iltihaplanması vertigo hastalığına neden olur. Vertigo hastalığında kişi kendisinin ya da etrafındakilerin döndüğü hissine kapılır. Meniere hastalığına yakalanan kişiye ise vertigo belirtilerinin yanı sıra kulak çınlaması ya da işitme kaybı da görülür.

GÖZ

Gözün Genel Yapısı

- Görme organı göz, nesnelerin görüntülerini ve renklerini algılamayı sağlayan duyu organıdır.
- Vücuttaki duyu reseptörlerinin yaklaşık %70'i gözde bulunur.
- Gözün fonksiyonunu yerine getirmesinde kaşlar, kirpikler, göz kapakları, gözyaşı bezleri, dış göz kasları gibi yapılar yardımcı olur.
- Kaşlar, gözlerin güneş ışığından korunmasına yardımcı olur ve alından akan terin gözlere ulaşmasını engeller.
- Göz kapakları kapanarak gözü dış etkenlerden korur, dinlenme anında ışığın göze girmesini engeller. Göz kapakları yağ ve ter bezleri içerir.
- Gözyaşı bezleri; mukus, antikor, lizozim enzimi üretir ve salgılar. Gözyaşı, göz yüzeyini nemli ve kaygan bir hâle getirerek onu hem temizler hem de korur.
- Göz kasları, göz küresinin eş güdümlü hareketini sağlar.
- Göz; dıştan içe doğru sırasıyla **sert tabaka** (sklera), **damar tabaka** (koroit) ve **ağ tabaka** (retina) olmak üzere üç tabakadan oluşur.



Sert Tabaka (Sklera)

- Göz; **sert tabaka**(sklera) adı verilen bir bağ dokuyula sarılmış, içi sıvı dolu küre biçiminde bir yapıdır.
- Sert tabaka kan damarı içermez.
- Göz kasları bu tabakaya tutunur.
- Sert tabaka gözün ön kısmında saydamlaşıp şişkinleşerek **kornea** tabakasını (saydam tabaka) oluşturur.

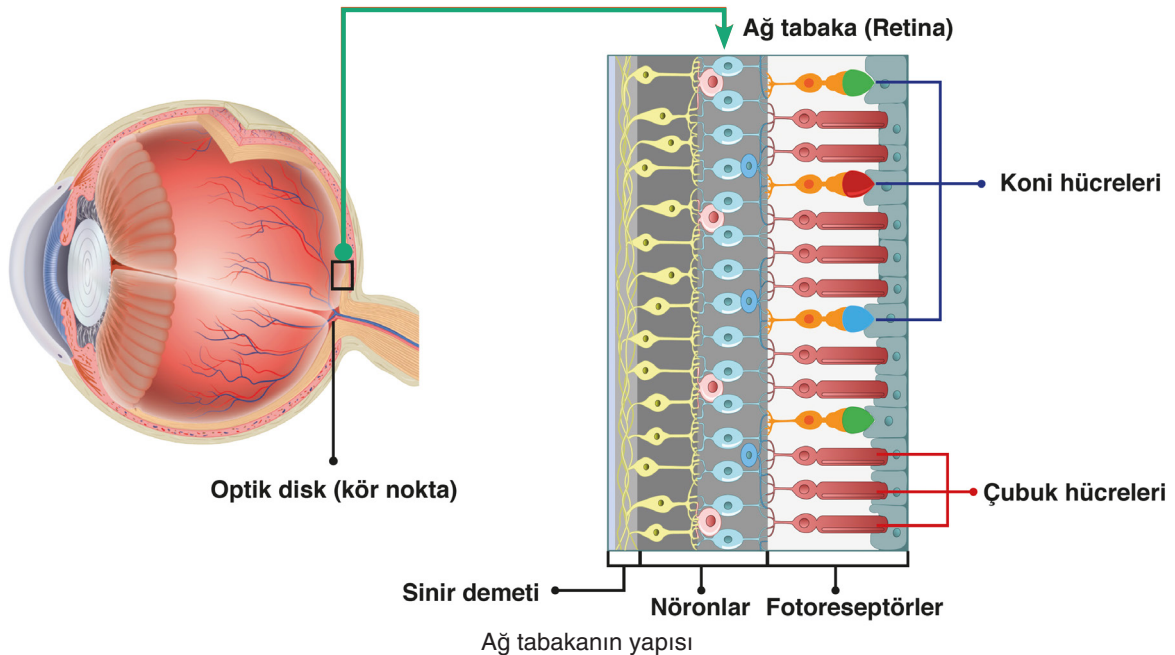
Damar Tabaka (Koroit)

- Damar tabaka kan damarları bakımından zengin ve koyu kahverengi bir tabakadır.
- Melanositler tarafından üretilen kahverengi pigment fazla ışığı emerek göz yuvarlağının içindeki ışık saçılmalarını ve yansımalarını engeller.
- Korneanın iç tarafında göze rengini veren pigmentli yapıda **iris** bulunur.
- İris, gözün arka kısmındaki fotoreseptörlere gelen ışık miktarını kontrol eder. İrisin merkezindeki açıklığa **göz bebeği** (pupilla) denir.

- Parlak ışıktaki iris büzülür ve göz bebeği küçülür. Işık miktarı azaldıkça göze daha fazla ışığın girmesi için iris gevşer ve göz bebeği büyür. İrisin arkasında gözün iki odacığı bölen göz merceği bulunur.
- Göz merceği ışığı kırarak görüntünün retina tabakasına düşmesini ve göz uyumunu sağlar. Göz merceğinin önü ve arkası şeffaf bir sıvı ile doludur. Göz merceğiyle ağ tabaka arasındaki boşluk gözün şeklinin sabit kalmasını sağlayan camı sıvı ile doludur.
- Göz merceği **asıcı bağlar**la askıya alınmış biçimde durur.
- Uzaktaki bir cisme odaklanırken asıcı bağlar merceği çekerek daha da yassılaştırır. Yakındaki bir cisme odaklanırken ise **kirpiksi cismin** (siliyer kaslar ya da silli cisim) kasılması asıcı bağların tersine göz merceğinin yuvarlak formunu almasına neden olur. Yakındaki ve uzaktaki cisimlere odaklanırken asıcı bağlar ve kirpiksi cisim sayesinde göz merceği gözün uyum yapma işlevini yerine getirmiş olur. Işık ilk korneadan geçerek göze girer, göz merceği sayesinde odaklanır ve gözün arka kısmındaki ağ tabakaya düşer.

Ağ Tabaka (Retina)

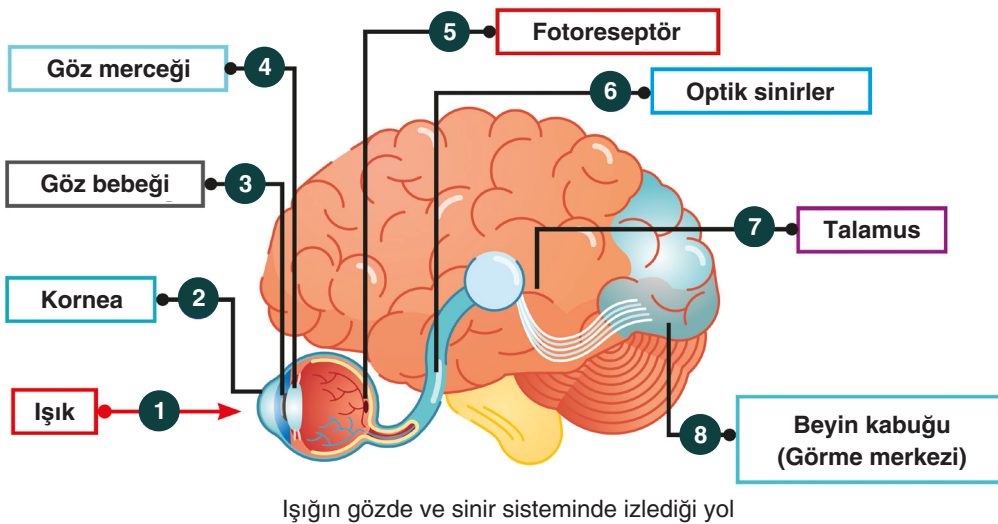
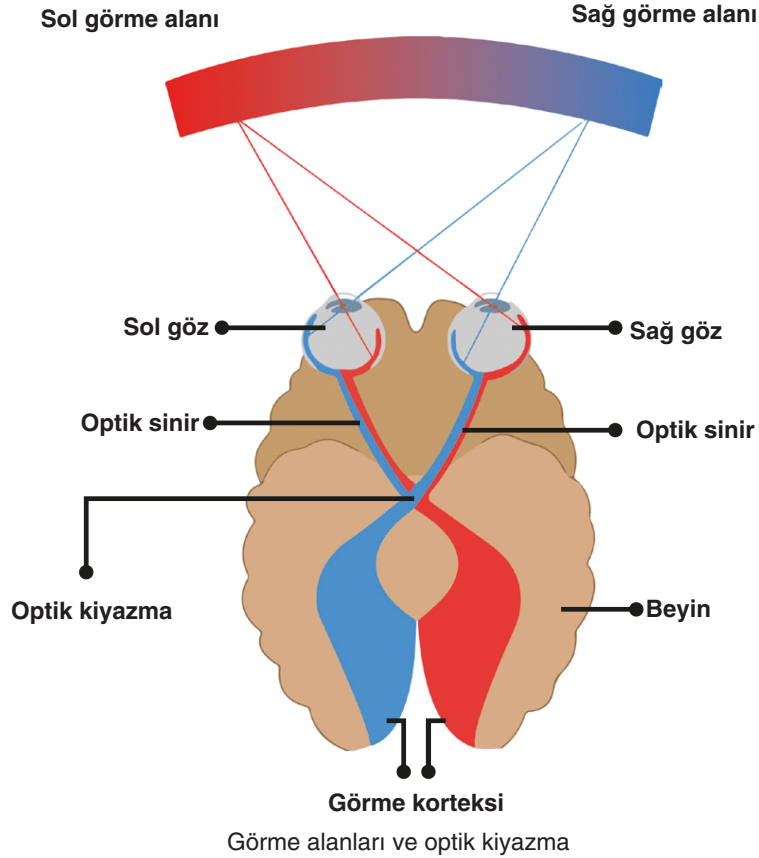
- Retina, fotoreseptörlerin ve görme sinirlerinin bulunduğu tabakadır.
- Fotoreseptörler **çubuk hücreleri** ve **koni hücreleri** olmak üzere iki çeşittir. Çubuk hücreleri siyah-beyaz (gri ve tonları şeklinde) görmeden sorumlu iken koni hücreleri renkli görmeden sorumludur.



- Fotoreseptörlerdeki görme pigmentleri ışık absorblayan A vitamini türevi bir molekül içerir.
- Çubuk hücreleri ışığa hassastır. Loş ışıktaki tepki vermeleri onları gece görüşü ve çevresel görüş için en uygun hâle getirir. Ancak netlik düşüktür. Gece nesneleri daha iyi görebilmek için nesneye değil hemen yanına bakmak daha iyi sonuç verir.
- A vitamini eksikliğinde ışığın az olduğu ortamlarda görme alanının ve görme keskinliğinin belirgin azalması olarak tanımlanan **gece körlüğü** meydana gelir.
- Retina tabakasında koni hücrelerinden yaklaşık 20 kat daha fazla çubuk hücreleri bulunur. Göze gelen ışık **sarı nokta** (fovea) üzerine düşer ve oluşan görüntü terstir. Sarı noktada koni hücreleri daha yoğun biçimde yer alır.
- Koni hücreleri aktivasyon için parlak ışığa ihtiyaç duyar, düşük hassasiyete sahiptir. Ancak çubuk hücrelerine göre daha hızlı tepki verir. Üç tip koni hücresinin her biri farklı dalga boylarına sahip ışığı absorbe eden farklı moleküllere sahiptir. Işığın farklı dalga boyları farklı pigmentler tarafından absorbe edildiğinde beyin tarafından farklı koni hücrelerinden gelen uyarılar bir dizi renk olarak algılanır.
- Işık, retinanın arkasındaki çubuk ve koni hücrelerine ulaşana kadar bir hücre ağından ve optik sinir liflerinin içinden geçer. Işığa yanıt olarak fotoreseptörlerde meydana gelen zar potansiyelindeki değişiklik optik sinirlere aktarılmadan önce işlenir. Optik sinirlerde meydana gelen aksiyon potansiyelleriyle bilgi, beyne iletilir. Optik sinirler **optik disk** (kör nokta) adı verilen ağ tabakanın fotoreseptörlerden yoksun bölümünden gözü terk eder.

Görme Olayı

- İki göz birbirleriyle örtüşen toplamda yaklaşık 170 derecelik bir görme alanına sahiptir. Görme korteksi iki göz tarafından iletilen görüntüleri birleştirir ve üç boyutlu görmeyi sağlayan derinlik algısı yaratır. Bu sayede nesnelerin konumları hakkında bilgi elde edilir.
- Sağ ve sol gözden gelen optik sinirler beyin korteksinin tabanında **optik kiyazma** denilen bir yerde karşılaşır.
- Sol taraftaki görme alanından gelen görüntü beyin sağ tarafına, sağ taraftaki görme alanından gelen görüntü beyin sol tarafına iletilir.
- Optik sinirlerdeki aksonların bir kısmı optik kiyazmada çaprazlanarak sağ ve sol görme alanlarından elde edilen görüntüler, beyindeki ilgili görme alanlarına iletilir.

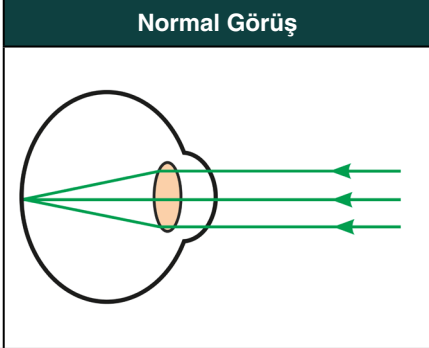
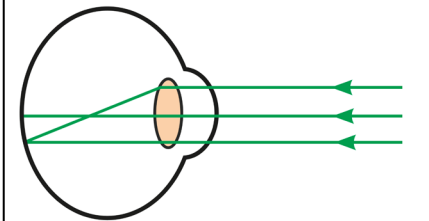
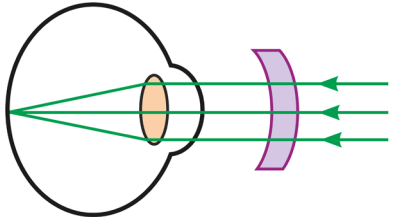
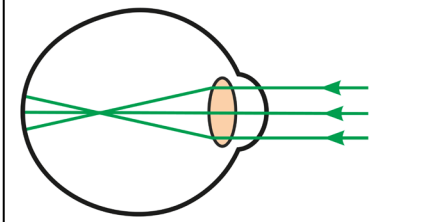
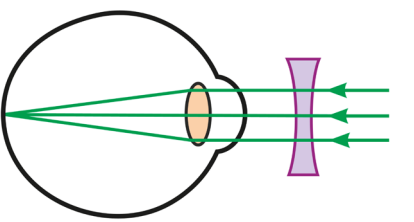
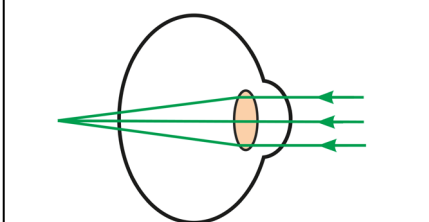
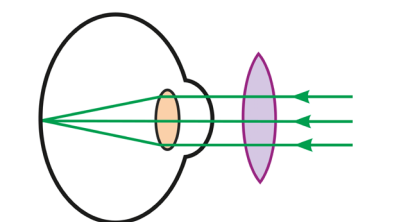


DUYU ORGANLARI RAHATSIZLIKLARI VE SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

Duyu Organları Rahatsızlıkları

Kalıtsal özellikler, gözle ilgili yaralanmalar, fizyolojik bazı hastalıklar ve yaşlanma göz fonksiyonlarının bozulmasına neden olabilir.

- **Renk körlüğü** (Daltonizm), çekinik bir karakter olup X kromozomu ile taşınır. Kırmızı, mavi ve yeşil olmak üzere üç tip koni hücresi renkli görmemizi sağlar. Diğer renklerin algılanması iki ya da üç tip koni hücresinin birlikte çalışması ile gerçekleşir. Renk körlüğü bir ya da daha fazla çeşit koni hücresinin eksikliğinden ya da fonksiyon bozukluğundan meydana gelir. En yaygın renk körlüğü kırmızı-yeşil renk körlüğüdür. Çoğu zaman renk körü insanlar sadece loş ışıkta kırmızıyı yeşilden ayırt etmekte zorlanır. Üç çeşit koniden sadece birine sahip olan nadir bireyler, tamamen renk körüdür. Tam renk körü bireyler dünyayı sadece gri tonlarında görür.
- **Astigmatizm, miyopi ve hipermetropi** göz küresi çapının normalden farklı oluşu sonucu ortaya çıkan görme bozukluklarıdır.

Normal Görüş		
		
Görme Bozuklukları		Düzeltilme Biçimleri
Astigmatizm kornea ve merceğin düzensiz eğriliğiyle ortaya çıkar. Kornea üzerindeki eşit olmayan şekilde bozulmalar sonucu ışık farklı derecede kırılır ve görüntü bulanıklaşır. Kornea veya göz merceğindeki asimetriyi telafi eden silindirik mercekler ile düzeltilir.	Işık doğru kırılmamış ve görüntü bulanıktır. 	Silindirik merceklerle düzeltilir. 
Miyopi (uzağı net görememe) göz küresinin normalden daha uzun oluşuyla veya merceği ayarlamaktan sorumlu kirpikli kasların çok kuvvetli kasılmasıyla ortaya çıkar. Miyop bireylerde görüntü retinanın önünde odaklandığı için görüntü bulanıklaşır. Miyopi içbükey mercekli gözlüklerle düzeltilir.	Görüntü retinanın önünde oluşur. 	İçbükey merceklerle düzeltilir. 
Hipermetropi (yakını net görememe) miyopinin tam tersi bir sorundur. Göz küresinin normalden daha kısa olması, yakın görüntülerin retinanın arkasında odaklanmasına neden olur. Hipermetropi ışığın yakınsamasını artıran dışbükey mercekli gözlüklerle düzeltilir.	Görüntü retinanın arkasında oluşur. 	Dışbükey merceklerle düzeltilir. 

- **Katarakt**, göz merceğinin saydamlığını kaybetmesiyle ışığın ve görüntünün retinaya ulaşamaması sonucu görme kaybının oluşmasıdır. Göz merceği daha opak hâle gelir ve mercekten geçen ışık miktarı azalır. Genellikle yaşlanmayla ilişkili olsa da yaralanma ya da diyabet de katarakta yol açabilir. Bu rahatsızlık, ameliyatla düzeltilebilir.
- **Presbitlik**, yaşa bağlı olarak göz merceğinin esnekliğini kaybetmesi sonucu oluşur. Göz, uzak ve yakın cisimlere bakarken uyum sağlayamaz. Presbitlik, ince kenarlı mercek kullanılarak düzeltilir.
- **Glokom** (göz tansiyonu), göz küresi içindeki camı sıvı miktarının çok fazla artması sonucu ortaya çıkar. Göz küresi içindeki basıncın artması, gözü besleyen kan damarlarının daralmasına neden olur. Retina hücreleri ve optik sinirler yeterince beslenemez ve ölmeye başlar. Yükselmesi kırklı yaşlardan itibaren başlayıp altmışlı yaşlarda hız kazanır. Hastalığın ilerleme durumuna göre çeşitli ilaçlarla, lazer operasyonları ya da ameliyatlara tedavi edilebilir.
- **Şaşılık**, göz küresini hareket ettiren kaslardan birinin uzun ya da kısa olmasıyla ortaya çıkar. Bu durumda gözler farklı yönlerde bakar. Ameliyatla düzeltilebilir.
- **İşitme kaybı**, bebeklikten yaşlılığa kadar her dönemde görülebilir ve çocuklarda sosyal gelişim, yetişkinlerde ise iletişim sorunlarını ortaya çıkarır. İşitme kaybı; iç kulak, işitme siniri ve işitme merkezinde ortaya çıkan sorunlardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca tümör tedavisinde kullanılan ilaçlar, kafa içinde basınç artışına yol açan migren ya da damarsal sorunlar, yaşlanmaya bağlı oluşan duyu azalması, gürültülü bir ortamda çalışma, enfeksiyonlar ve diyabet gibi hastalıklar da işitme kaybına neden olmaktadır.
- **Denge kaybı**, çeşitli hastalıklara bağlı olarak ortaya çıkabilen bir rahatsızlıktır. Denge kaybı; özellikle iç kulaktaki kanalların iltihaplanması, kanaldaki sıvılarda oluşan basınç artışı, denge sinirlerinin iltihaplanması ya da kulak kristallerinin yer değiştirmesi ile oluşur.



NOT

İbn Heysem; gözün yapısını, görmenin nasıl gerçekleştiğini, görme bozukluklarının nedenlerini bugünkü bilgilere çok yakın biçimde açıklamıştır. Görme olayının fiziksel ve cisimlerden göze ulaşan ışınlar yardımıyla oluştuğunu matematiksel ispatlarla ortaya koymuştur.

DUYU ORGANLARININ SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

- Dış ortamla sürekli temas hâlinde olan deri birçok mikroorganizmayla ilk temas noktalarından biridir. El ve vücut temizliğine dikkat ederek mikroorganizmaların üremesi için elverişli ortamları ortadan kaldırmak gerekir.

Derinin Sağlıklı Yapısını Koruma Yolları

- ⇒ Güneşin zararlı ışınlarından uzak durmak ve gerektiğinde cilt yapısıyla uyumlu koruyucu kremler kullanmak.
- ⇒ Derinin pH ve nem dengesini korumak, alerjik etki göstermeyen temizlik ürünleri kullanmak.
- ⇒ Derideki çizik ve yaraları dezenfekte etmek.
- ⇒ Havlu, tarak, tırnak makası gibi kişisel bakım ürünlerini ortak kullanmamak.
- Gözün sağlıklı yapısını korumak için uzun süre ve yakından televizyon, bilgisayar, telefon ve tablete bakmamak; kitap okurken, ders çalışırken, yazı yazarken ortamın uygun aydınlatılmasına dikkat etmek gerekir. Parlak ışık kaynaklarına çıplak gözle bakılmamalı, güneşli ve karlı havalarda fazla ışık yansımalarına karşı doktor tavsiyeli ve doğru güneş gözlükleri kullanılmalıdır.
- Dilde iltihaplanma ve mantar oluşumu dilin sağlıklı yapısını bozar. Bunu önlemek ağız ve diş temizliğine dikkat etmekle mümkündür. Çok sıcak ve çok soğuk gıdaları tüketmemek, içeriği bilinmeyen ya da dile zarar verebilecek kimyasalların tadına bakmamak dilin sağlıklı yapısının korunması için önemlidir.
- Burnu karıştırmamak, burun kıllarını koparmamak, içeriği bilinmeyen ve keskin kokulu maddeleri koklamamak burun sağlığını korumak için alınacak önlemlerden bazılarıdır.
- Kulak sağlığını korumak için sivri uçlu cisimlerle ve pamuklu kulak çubukları ile kulak temizlenmemelidir. Enfeksiyon riskine karşı havuz, deniz gibi sulu ortamlarda uzun süre kalmamak ve sudan çıktıktan sonra kulağın nemli kalmasını önlemek için kurulamak önemlidir. Yüksek sesli ortamlarda uzun süre kalmamak, kulaklıkla müzik dinlerken ses seviyesini doğru ayarlamak alınacak önlemlerdir.

DESTEK VE HAREKET SİSTEMİNİN GENEL YAPISI

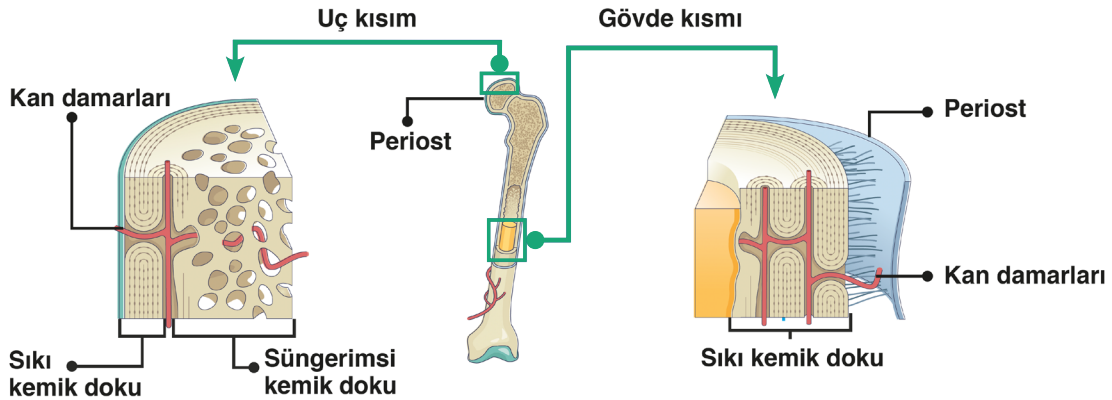
- Destek ve hareket sistemi; **kemik, kıkırdak, kas ve bağ dokularından** oluşur.
- Embriyo döneminde kıkırdak özelliğinde olan iskelet; kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat gibi mineral tuzların birikmesiyle kemikleşir.
- Kulak, burun, eklem gibi kısımlarda kıkırdak özelliği korunur.
- Kemikler birbirlerine eklemlerle bağlıdır ve kaslarla sarılmıştır.
- Destek ve hareket sistemi hareketi sağlama, vücuda destek olma, organları koruma, kaslara ve iç organlara bağlanma yüzeyi sağlama, bazı mineralleri depolama, kan hücrelerini üretme gibi görevleri yerine getirir.
- Yürümek, koşmak, konuşmak gibi eylemler destek ve hareket sistemini oluşturan yapılar sayesinde gerçekleştirilir.

KEMİK DOKU

Kemik Dokusunun Yapısı, Çeşitleri ve Görevleri

- Kemik dokunun hücrelerine **osteosit**, ara maddesine **osein** adı verilir. Osteosit hücreleri kemik dokuda bulunan **lakün** adı verilen boşluklarda bulunur. Lakünlere yerleşmiş osteositler ince uzantılarla birbirleriyle bağlantılıdır.
- Ara madde oseinin yapısında kolajen lifler, kalsiyum bileşikler, potasyum, fosfor, magnezyum, florür, sodyum, demir gibi elementler bulunur.
- Kemik doku sert ve esnek bir yapıdadır. Kemik dokuya sertlik kazandıran yapılar kalsiyum fosfat ve kalsiyum karbonat tuzlarıdır, esneklik veren ise kolajen liflerdir.
- Kemik doku içerisinde sinir hücreleri ve kan damarları bulunur.
- Kemiklerin dış kısmını saran zara **periost** adı verilir. Periost, içerdiği bol miktarda kan damarı ve sinir sayesinde kemiğin enine büyümesini ve kırıkların onarılmasını sağlar.

Kemikler doku yapılarına göre **sıkı kemik doku** ve **süngerimsi kemik doku** olarak ikiye ayrılır.

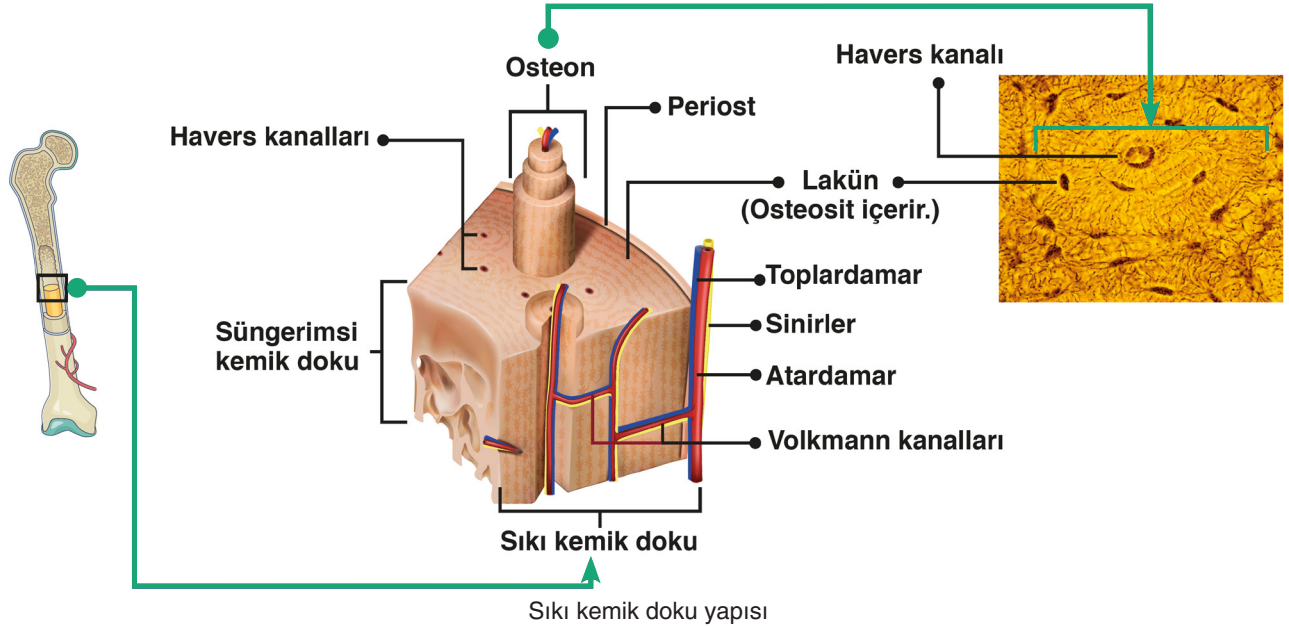


Uzun kemiklerdeki kemik doku çeşitleri

Sıkı Kemik Doku

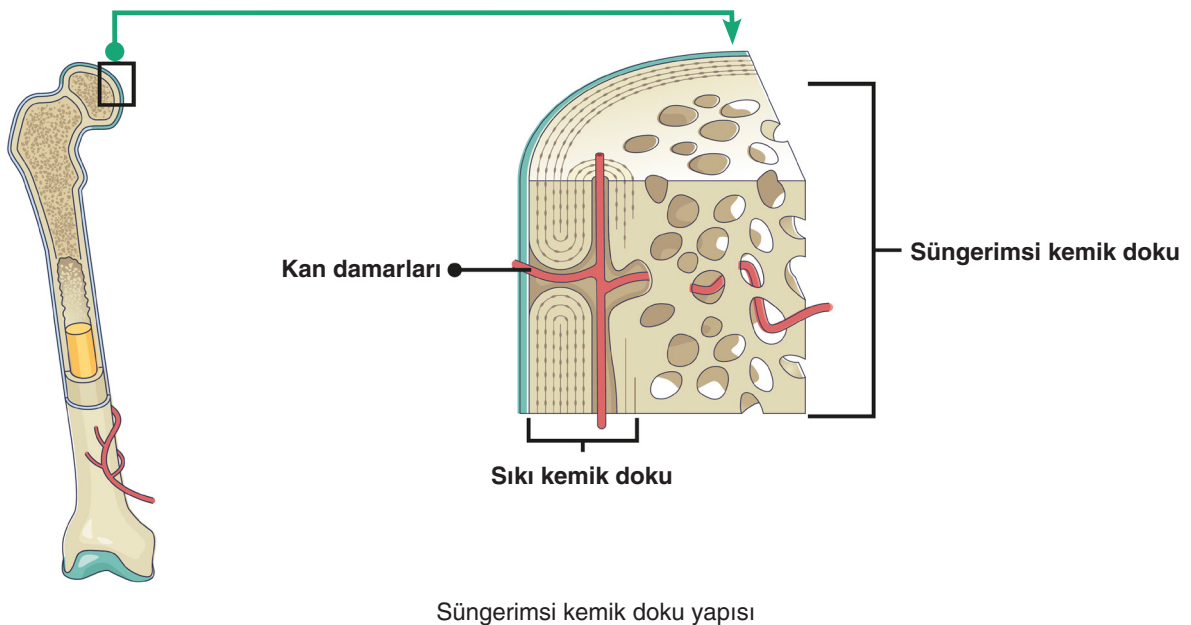
- Düzenli bir yapıya sahiptir.
- Ara maddesinde yoğun bir şekilde kalsiyum fosfat ve kalsiyum karbonat tuzlarını bulundurduğundan sert ve sıktır.
- Sıkı kemik dokunun yapısı **osteon** adı verilen yapıların bir araya gelmesi sonucu oluşur. Osteonlar, **Havers** (Heyvirs) **kanalları** etrafında dairesel olarak yerleşmiş kemik tabakalardan ve bu tabakaların arasında **lakün** adı verilen boşluklara yerleşmiş **osteosit**lerden oluşur.
- Havers kanalında **sinir hücreleri** ve **kan damarları** bulunur. Atardamarlar kemik dokunun ihtiyacı olan oksijen ve besinleri kemik dokuya taşır. Kemik dokuda oluşan atık maddeler de toplardamarlarla doku dışına taşınır.

- Osteonların merkezindeki Havers kanallarını birbirine bağlayan yan kanallara **Volkman (Volkmen) kanalı** adı verilir.
- Osteonlar birbirinden **yapışma hattı** olarak bilinen sınırlarla ayrılır. Yapışma hatları çatlakların duraklama eğilimini artırarak kemiklerin kırılmaya karşı dayanıklı olmasını sağlar.



Süngerimsi Kemik Doku

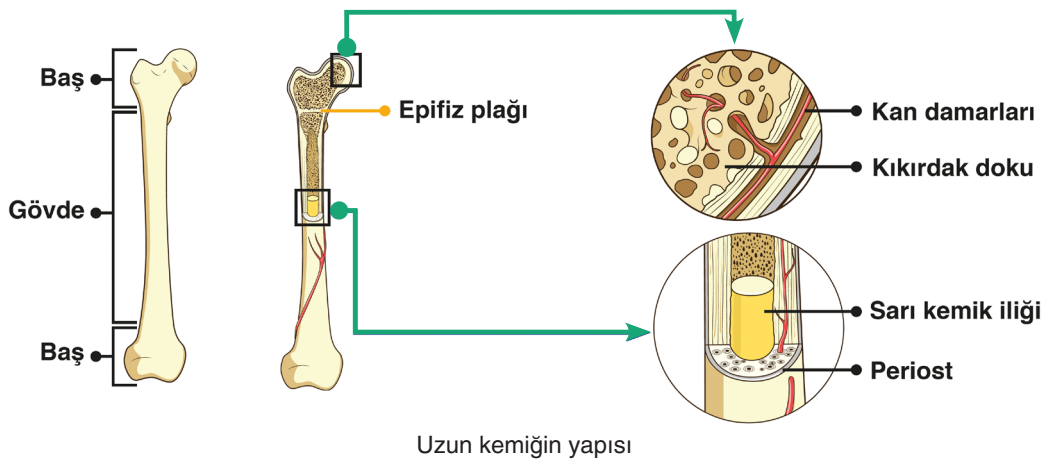
- Gözenekli bir yapıya sahiptir.
- Küçük kemik plakalarının aralarında boşluk kalacak şekilde birbirine bağlanması sonucu oluşur.
- Süngerimsi kemik, içindeki çok sayıda boşluktan dolayı hafiftir.
- Kendi iç ağ örgüsü destekleyici bir sistem oluşturduğundan dayanıklıdır.
- Süngerimsi kemik dokunun boşluklarında kan hücrelerini üreten **kırmızı kemik iliği** bulunur.
- Süngerimsi kemik dokuda kanal sistemi bulunmaz. Süngerimsi kemik doku; yassı ve kısa kemiklerin iç kısımlarında, uzun kemiklerin uç kısımlarında ve ilik kanalı çevresinde bulunur.



Şekillerine göre kemikler **uzun**, **kısa**, **yassı**, **düzensiz şekilli** kemikler olarak dört grupta incelenir.

Uzun Kemikler

- Boyları enlerine göre daha uzun olan kemiklerdir.
- Bacaklardaki baldır kemiği, kaval kemiği, uyluk kemiği; kollardaki pazu kemiği, ön kol kemiği uzun kemiklere örnektir.
- Uzun kemiklerin uç kısımları şişkindir ve baş olarak isimlendirilir, **baş** kısımlarının arasında kalan bölgeye ise **gövde** denir.
- Uzun kemiklerin baş kısımlarında periosttan sonra sıkı kemik doku ve onun altında süngerimsi kemik doku bulunur.
- Gövde büyük ölçüde sıkı kemik dokudan oluşur, ortasındaki boşlukta ise **sarı kemik iliği** yer alır. Sarı kemik iliği sadece uzun kemiklerde bulunur ve bol miktarda yağ içerir. İhtiyaç hâlinde kırmızı kemik iliğine dönüşerek kan hücrelerinin üretimine yardımcı olur.
- Uzun kemiklerin baş kısmında kıkırdak dokudan oluşmuş **epifiz plağı** vardır. Bu plak, ergenlik dönemi sonuna kadar kemiklerin boyca uzamasını sağlar.



Kısa Kemikler

- Uzunlukları, genişlikleri ve kalınlıkları birbirine yakın olan kemiklerdir.
- Kısa kemikler dıştan periostla çevrilidir. Periostun altında sıkı kemik doku onun altında süngerimsi kemik doku bulunur.
- Süngerimsi kemik dokuda kırmızı kemik iliği bulunur. Kısa kemiklerde kemik kanalı yoktur. El bilek ve ayak bilek kemikleri kısa kemiklere örnektir.

Yassı Kemikler

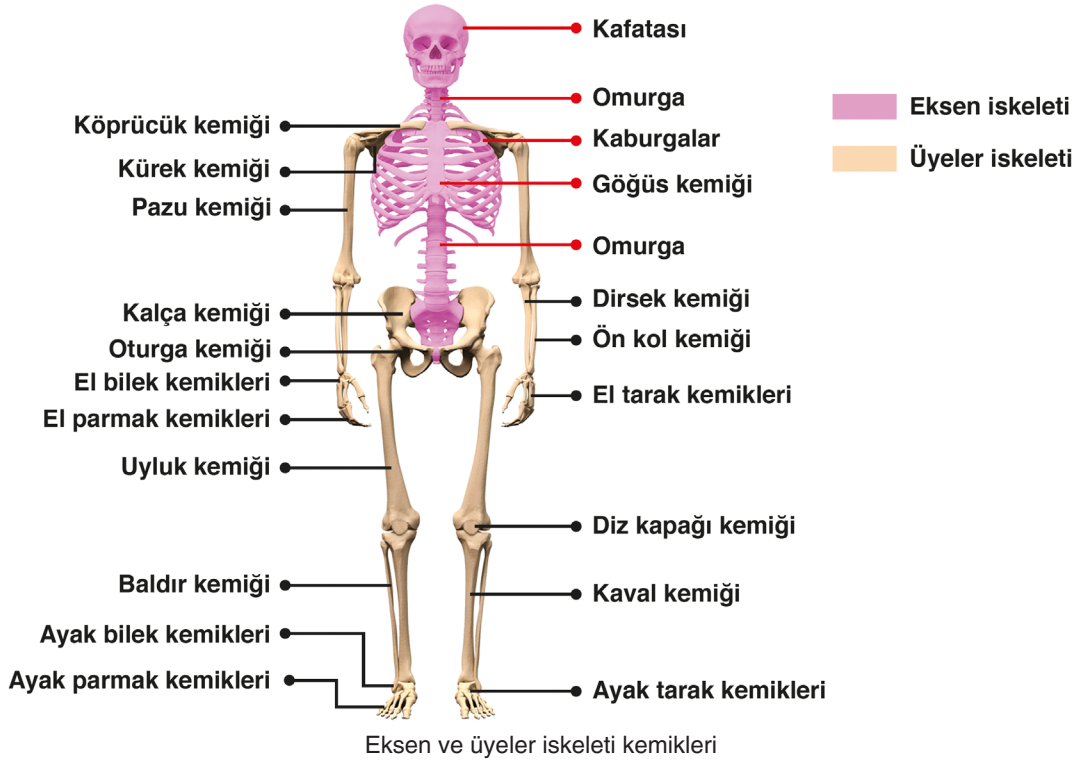
- Boyu ve genişliği kalınlığından fazla olan yassı ve ince kemiklerdir.
- Yassı kemiklerin dış yüzeyini çevreleyen periostun altında sıkı kemik doku ve onun altında süngerimsi kemik doku bulunur.
- Kafatası kemikleri, kaburga kemikleri, kalça kemiği, kürek kemiği yassı kemiklere örnektir.

Düzensiz Şekilli Kemikler

- Belirli bir şekli olmayan kemiklerdir.
- Kasların tutunmasını sağlayan çıkıntıları bulunur. Baskılara dayanıklı ve sağlam kemiklerdir.
- Yapısı temel olarak kısa ve yassı kemiklere benzer. Bazı yüz kemikleri ve omur kemikleri düzensiz şekilli kemiklere örnektir.

İskeletin Bölümleri

Yetişkin bir insan iskeleti, **eksen iskeleti** ve **üyeler iskeleti** olmak üzere iki ana bölüme ayrılır. Toplam 206 kemikten oluşur. Eksen iskeleti, vücudun eksenini veya gövdeyi destekleyen iskelettir. Üyeler iskeleti ise kol ve bacak kemikleri ile omuz ve kalça kemerlerinden oluşur.



Eksen iskeleti

- Vücudun kabaca eksenini oluşturan iskelet yapısıdır.
- Eksen iskeleti; **baş**, **omurga** ve **göğüs** iskeleti bölümlerinden olmak üzere toplam 80 kemikten oluşur.

Baş iskeleti

- Kafatası, yüz kemikleri, orta kulakta yer alan kemikler dil kemiği kemik olmak üzere toplam 29 kemikten oluşur.
- Diğer kemiklerden farklı olarak iskelettteki başka herhangi bir kemikle eklem yapmaz.
- Baş iskeletinde sadece alt çene kemiği hareketlidir.

Omurga

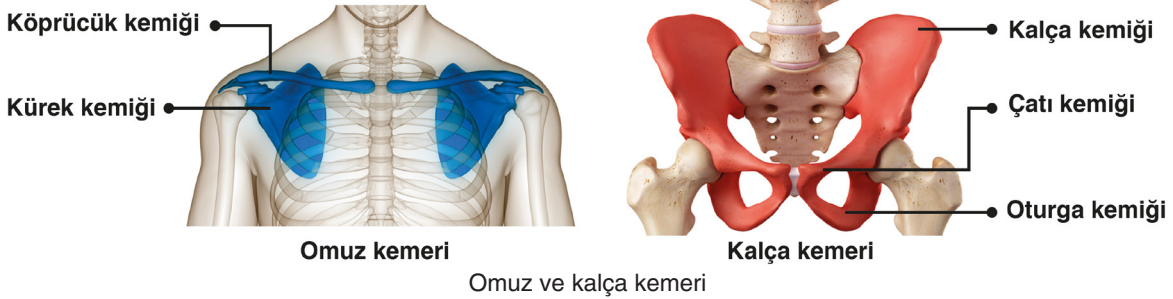
- Vücudun ağırlığını taşır, omuriliği korur, başın hareketini ve dik durmasını sağlar, kaburga ve iç organlara bağlanma bölgesi oluşturur. Omurgayı oluşturan kemiklere **omur** denir.
- Omurlar üst üste sıralandığında içlerindeki delik sayesinde bir kanal yapısı oluşur. Bu kanalda omurilik bulunur. Omurlar arasında kıkırdak dokudan oluşmuş diskler vardır.
- Omurlar yapı ve işlevleri bakımından **boyun omurları**, **sırt omurları**, **bel omurları**, **sağrı omurları** ve **kuyruk sokumu omurları** olarak beş bölüme incelenir. Birinci boyun omuruna **atlas**, ikincisine **eksen** adı verilir. Bu iki omurun arasında kıkırdak disk bulunmaz.

Göğüs İskeleti

- Kaburgalar ve göğüs kemiği olmak üzere toplam 25 kemikten oluşur.
- Sırt omurlarına bağlanan kaburgaların ilk yedi çifti vücudun ön tarafında ayrı ayrı göğüs kemiğine bağlanır. Sonraki üç çift, birbiriyle birleşerek yedinci çift kaburgaya bağlanır. Kalan son iki çift kaburganın uçları göğüs kasları arasında serbesttir. Bu kaburgalara **yüzücü kaburgalar** denir.
- Kaburgaların göğüs kemiğine bağlandığı bölgelerde kıkırdak doku yer alır. Bu sayede göğüs kafesi esneklik kazanır. Kaburga göğüs bölgesindeki organları korur, destekler ve soluk alıp vermeyi sağlar.

Üyeler iskeleti

- Kol ve bacak kemikleri, omuz kemeri ve kalça kemerinden oluşur.
- Kol kemikleri pazu, dirsek, ön kol, el bilek, el tarak ve el parmak kemiklerinden; bacak kemikleri ise uyluk, diz kapağı, baldır, kaval, ayak bilek, ayak tarak ve ayak parmak kemiklerinden oluşur.
- Köprücük ve kürek kemiği omuz kemerini oluşturur. Oturga, çatı ve kalça kemikleri ise kalça kemerini oluşturur. Omuz kemerine kollar, kalça kemerine bacaklar eklemlerle bağlanır.

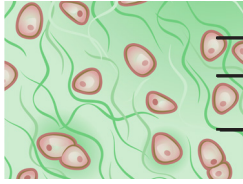


KIKIRDAK DOKU

Kıkırdak Dokunun Yapısı, Çeşitleri ve Görevleri

- Kıkırdak hücreleri ve bu hücrelerin salgıladığı ara maddelerden oluşur. Kıkırdak hücresine **kondrosit**, bu hücrenin salgıladığı ara maddeye **kondrin** denir.
- Ara maddede kolajen ve diğer protein lifler bulunur.
- Kıkırdak doku; sağlamlığı, dayanıklılığı ile baskı ve gerilimleri engeller.
- Kıkırdak doku, yumuşak dokuyu destekler.
- Kıkırdak doku, eklemlerde oluşan darbeleri emer ve kaygan yüzeyi ile kemik hareketlerini kolaylaştırır.
- Kıkırdak dokuda kan damarı bulunmaz. Bu nedenle kıkırdak dokuda meydana gelen hasarların onarımı uzun sürer.
- Kıkırdak dokunun etrafını saran bağ dokuda kan damarları bulunur. Kan damarlarından salınan maddelerin difüzyonu ile kıkırdak doku beslenir.
- Kıkırdak doku kondrinde bulundurduğu protein liflerin yoğunluğuna göre **elastik**, **hiyalin** ve **fibröz** kıkırdak olarak üçe ayrılır.

Elastik kıkırdak: Kulak kepçesi, dış kulak yolu duvarı, östaki borusu, epiglottis (gırtlak kapağı) ve gırtlakta bulunur. Ara maddesinde elastik lifler yer alır. Esneme ve bükülme yeteneği fazla olan kıkırdaktır.



•Kondrosit
•Kondrin
•Elastik lifler



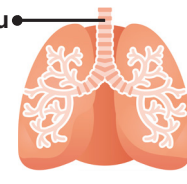
Kulak kepçesi

Hiyalin kıkırdak: Kolajen lif bulundurur. Embriyonik dönemde iskeletin büyük bir bölümü hiyalin kıkırdaktan oluşur. Yetişkinlerde hiyalin kıkırdak; hareketli eklemlerin eklem yüzeylerinde, solunum yollarının duvarlarında (burun, soluk borusu, bronşlar), kaburgaların göğüs kemiğine eklem yaptığı uçlarında ve uzun kemiklerin boyunun uzamasından sorumlu epifiz plaklarında yer alır.

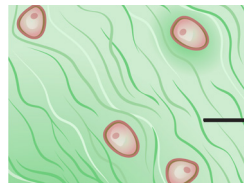


•Kolajen lif

Soluk borusu



Fibröz kıkırdak: Bol miktarda kolajen lif içerir, bu sayede çekmeye ve basınca dayanıklı bir yapısı vardır. Omurlar arasında bulunan esnek yapılı diskler fibröz kıkırdak yapısıdır. Ayrıca köprücük kemiği eklemleri, kalça ve diz eklemlerinde fibröz kıkırdak bulunur.



•Kolajen lif



Omurlar arası disk

Kıkırdak doku çeşitleri

EKLEMLER

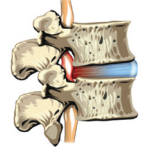
Eklem Çeşitleri ve Görevleri

- İskeleti oluşturan kemiklerin birbirleriyle bağlantı yaptığı yerlere **eklem** denir.
- Eklem bölgeleri, kemikler arasındaki sürtünmeyi neredeyse ortadan kaldırır.
- Eklemler; **oynar eklem**, **yarı oynar eklem** ve **oynamaz eklem** olarak hareket şekillerine göre üçe ayrılır.

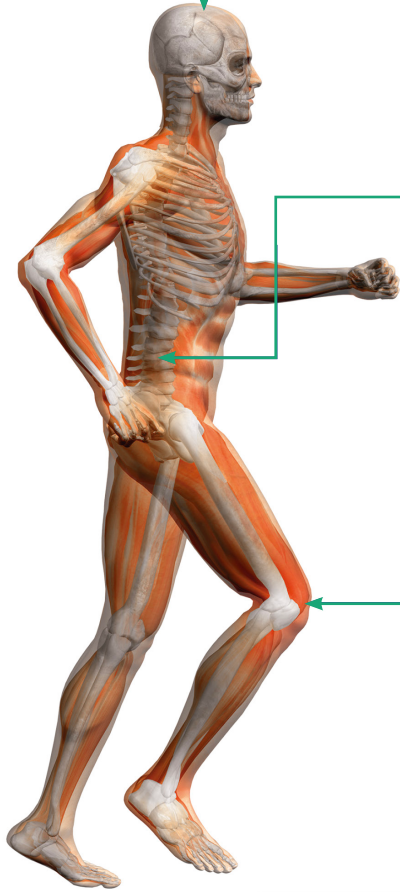
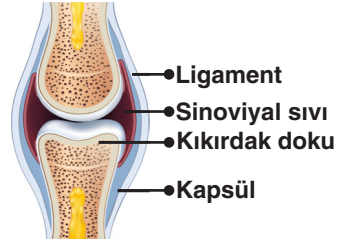
Oynamaz eklemler: Hareketsiz eklemlerdir. Bu eklemler birbirine girinti ve çıkıntılarla sıkı bir şekilde kenetlenmiştir. Alt çene kemiği dışında kafatasını oluşturan bütün kemikler, oynamaz eklemlerle bir araya gelmiştir.



Yarı oynar eklem: Hareketleri sınırlıdır. Omurlar arasındaki eklemler yarı oynar eklemlerdir. Ancak boyun omurlarından atlas ve eksen omurları arasındaki eklem ise oynar eklemdir.



Oynar eklem: Hareketli eklemlerdir. Oynar eklemleri oluşturan kemiklerin uçları birbiriyle uyumludur. İki kemik, birbirine **kapsül** (eklem yüzeylerini ve eklem boşluğunu çevreleyen, bir arada tutan yapı) ve eklem bağları ile bağlanmıştır. Kemiklerin aşınmasını önlemek için eklem boşluğu **sinoviyal** adı verilen sıvı ile doludur. Eklem kemik yüzleri hiyalin kıkırdak ile örtülüdür. Oynar eklemlerin etrafında aşırı hareketleri sınırlayan ve eklem kapsülünü koruyan ligamentler (kemikleri birbirine bağlayan bağ dokudan oluşmuş yapı) vardır. Eklem hareketini gerçekleştiren kaslar, eklemi oluşturan kemiklere yapışmadan önce bağ dokudan oluşan tendonlara dönüşür. Tendonlar da eklem yapısını destekler. Kapsül, ligamentler ve çevre kaslar aynı zamanda eklem hareket yönünü de belirler. Oynar eklemler, kolda pazu kemiği ile ön kol kemiğinin; bacakta uyluk kemiği ile kaval kemiğinin ve parmak kemiklerinin arasında bulunur.



Eklem çeşitleri ve yapıları

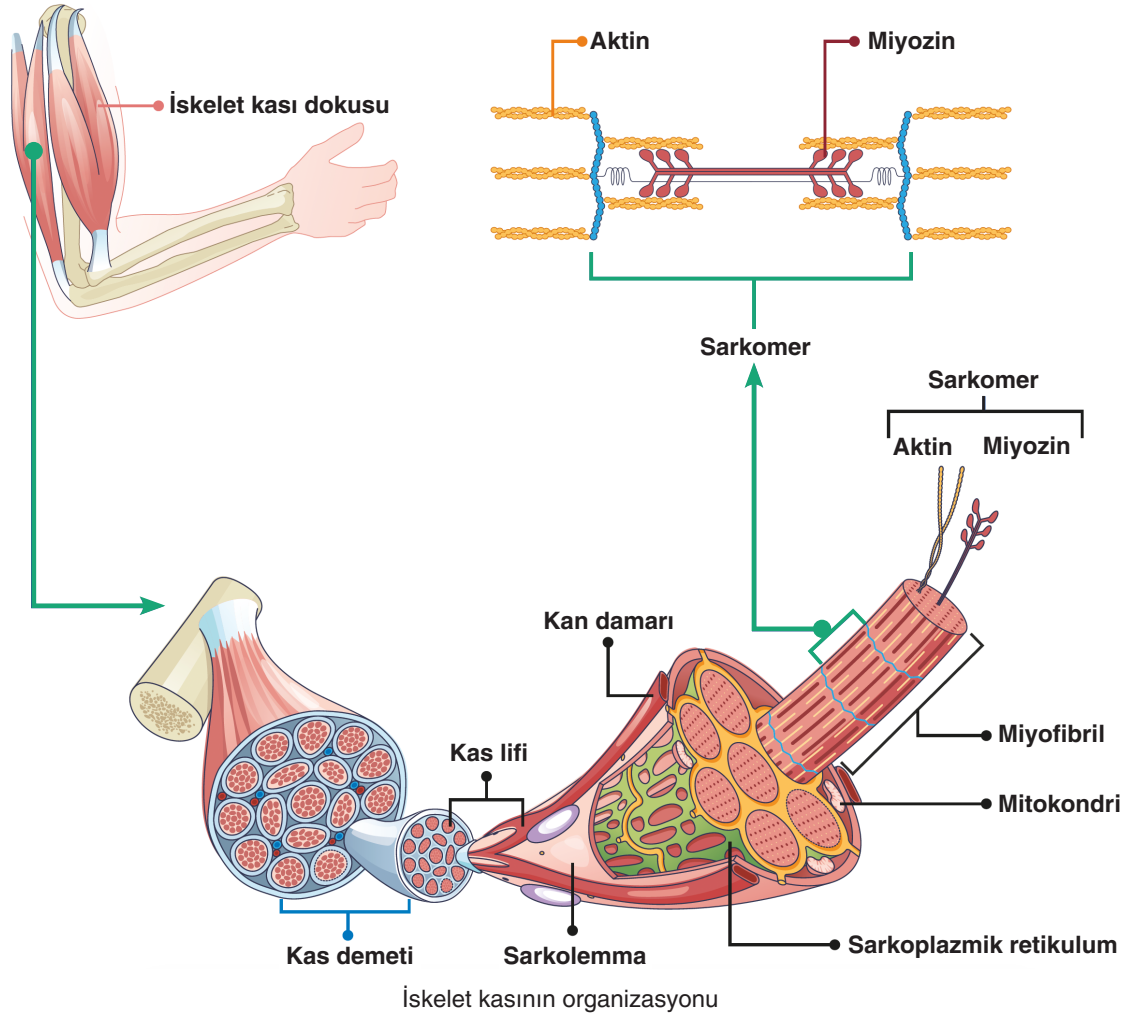
KAS DOKU

Kas Dokunun Yapısı ve Özellikleri

Kas doku; **iskelet kası**, **düz kas** ve **kalp kası** olmak üzere üç farklı kas çeşidinden oluşur.

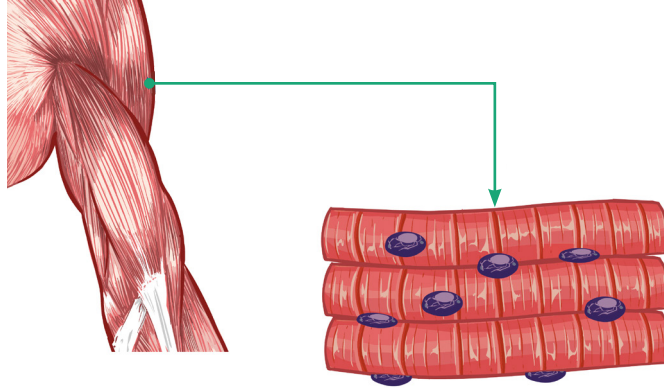
Kas doku; kemikler ve eklemlerle yürüme, koşma gibi yer değiştirme hareketlerini gerçekleştirir.

- Kemiklerin etrafını saran kaslar, hareketin yanı sıra vücudun şeklini de oluşturur.
- Vücut ısının yaklaşık %85'i kas hareketleri sırasında meydana gelir.
- Kas dokusunda yer alan kas liflerine **kas hücreleri** denir. Bu hücreler özelleşmiş hücrelerdir.
- Hücre zarına **sarkolemma**, plazmasına **sarkoplazma** ve endoplazmik retikulumuna **sarkoplazmik retikulum** adı verilir.
- Kas dokuda enerji ihtiyacı fazla olduğundan (düz kaslar hariç) kas hücrelerinde mitokondri sayısı fazladır.
- Kas hücrelerinin içerisinde hücrenin kasılıp gevşemesini sağlayan **aktin** ve **miyozin** proteinlerinden yapılmış filamentler vardır. Bu filamentler bir araya gelerek **miyofibrilleri** oluşturur. Miyofibriller bir araya gelerek **kas liflerini**, kas lifleri de **kası** meydana getirir. İskelet kasının yapısında aktin ve miyozin filamentlerini içeren kasılma birimine **sarkomer** denir.



İskelet Kası

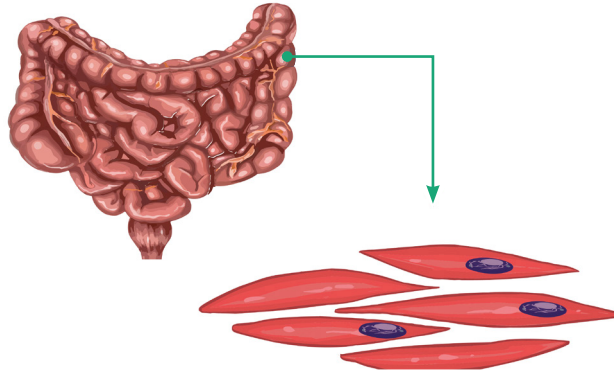
- Kas çeşitleri içerisinde en büyük kütleye sahip olan iskelet kasları vücut ağırlığının yaklaşık %40'ını oluşturur.
- İskelet kasları, toplardamarlarda kanın ve lenf sıvısının hareketine yardımcı olur. İskelet kasının hareketleri sırasında aynı zamanda ısı da oluşur.
- İskelete tutunan bu kaslar, kas boyunca uzanan kas liflerinden oluşmuştur. Her bir lif tek bir hücredir.
- Kas hücreleri embriyonik dönemde çok sayıda hücrenin kaynaşması sonucu olduğundan fazla sayıda çekirdek içerir.
- İskelet kaslarının hareketi, merkezî sinir sistemi kontrolünde **somatik sinirler** tarafından düzenlenir. Bu nedenle istemli çalışan kaslardır.
- İskelet kası, aktin ve miyozin filamentlerinin dizilişinden dolayı mikroskop altında bir koyu bir açık bölge olacak şekilde enine çizgili görünür.
- Kas lifleri, oksijen depolayan ve demir içeren miyoglobin pigmenti içerdiğinden kırmızı renkte görülür.
- İskelet kasları, istemli kasıldıklarından hızlı kasılır ancak çabuk yorulur.



İskelet kası

Düz Kas

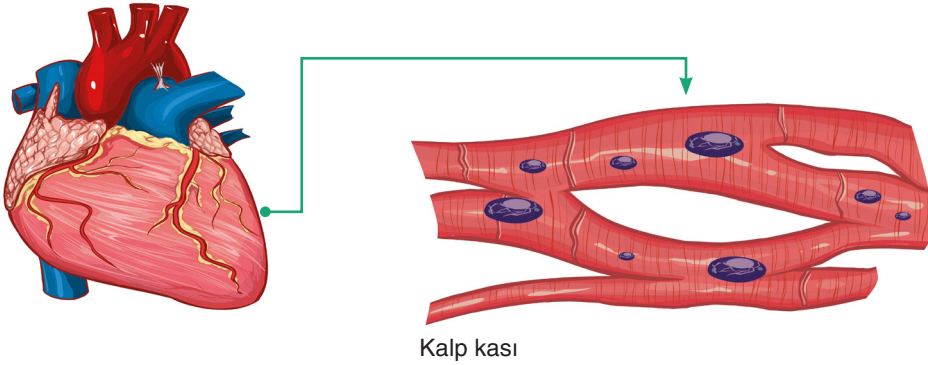
- Düz kaslar; sindirim, boşaltım, üreme gibi sistemlerin hareketini sağlar.
- Düz kas hücrelerinin görünümü mekik şeklindedir.
- Mikroskopta incelendiğinde bantlaşma görülmediği için bu adı alır. Bantlaşmanın olmaması aktin ve miyozin filamentlerinin düzenli bir sıralanışının olmamasından kaynaklanır.
- Düz kas hücreleri tek bir çekirdeğe sahiptir.
- Düz kaslardan bazıları **otonom sinir sistemi** tarafından uyarılırken bazıları sinirlerden uyarı almadan gerilmeyeyle aksiyon potansiyeli oluşturabilir.
- Düz kaslar; hormonların, sinirlerin ve fiziksel uyarıların etkisiyle kasılır.
- Vücutta en çok sindirim, dolaşım, solunum ve üreme sistemi organlarının yapısında bulunur.
- İskelet kasına göre yavaş kasılıp yavaş gevşerler.



Düz kas

Kalp Kası

- Sadece kalpte bulunur.
- Kalp kası, tüm vücuda kanı pompalar ve kan basıncını ayarlar.
- Silindirik hücre yapısı dallanma gösterir.
- Genellikle tek çekirdeklidir.
- Kalp kası hücrelerindeki mitokondri sayısı oldukça fazladır.
- Kalp kası hücreleri, iskelet kasındaki birleşik hücreler gibi kaynaşmak yerine uzantıları arasında karmaşık bağlantılar oluşturur.
- Kalp kası hücreleri çoğunlukla dallanır ve komşu hücrelerin oluşturduğu dallara tutunur.
- Kalp, sıkı bir örgü demeti hâlinde düzenlenmiş olan hücrelerden meydana gelir ve kalp karıncıklarını derinlemesine etkileyen tipik kasılma dalgasının oluşumu sağlar.
- Kalp kası hücreleri, yapılarında bulunan aktin ve miyozin filamentlerinin düzenli diziliminden dolayı mikroskop altında çizgili bir görünüme sahiptir.
- Kalp kası bu özelliği ile iskelet kasına benzer ve hızlı kasılır.
- Kalp kasının çalışması, düz kaslarda olduğu gibi **otonom sinir sistemi** tarafından düzenlenir.
- Kalp kası hücreleri, otonom sinir sisteminden impuls almadan da kasılıp gevşeyebilir.



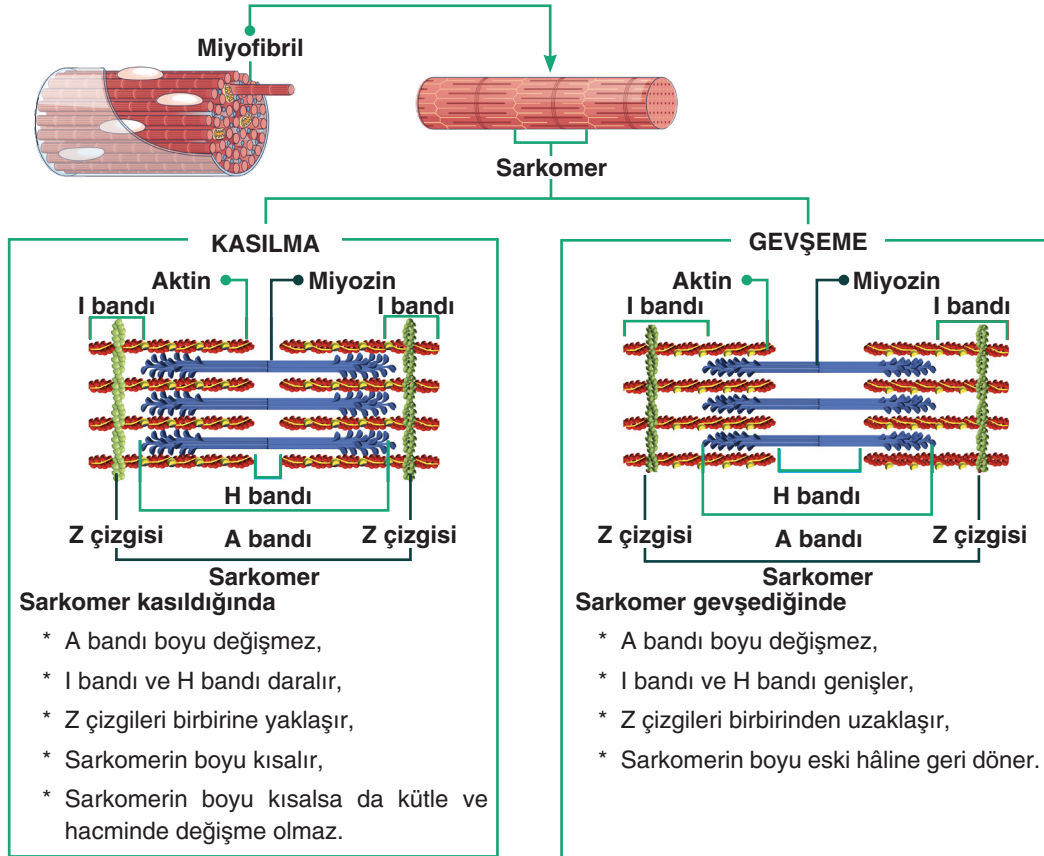
İSKELET KASININ KASILMA MEKANİZMASI

Sarkomerdeki Bantlaşma ve İskelet Kasının Kasılma Mekanizması

İskelet kası hücrelerindeki aktin ve miyozin filamentleri miyofibrilde açık ve koyu bantlar oluşturacak şekilde düzenli bir dizilim gösterir.

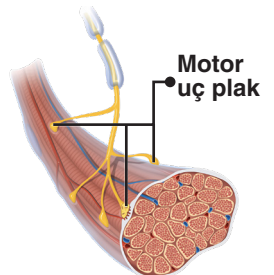
- Açık renkli görülen bantlarının ortasındaki çizgiye **Z çizgisi** denir.
- İki **Z çizgisi** arasında kalan bölgeye **sarkomer** adı verilir. Kasılma birimi olan sarkomerdeki ince yapılı aktin filamentler Z çizgisinde birbirine bağlanarak sarkomerin merkezine doğru uzanır. Kalın olan miyozin filamentler ise sarkomerin merkezinde sıralanarak birbirine tutunur.
- Sarkomerin yapısında sadece aktin filamentlerinden oluşan bölgeye **I bandı** adı verilir.
- Aktin ve miyozin filamentlerinden oluşan bölgeye **A bandı** denir.
- A bandının ortasında sadece miyozin filamentlerinden oluşan bölgeye de **H bandı** adı verilir.

Kasın kasılması **kayan filament modeli**yle açıklanır.

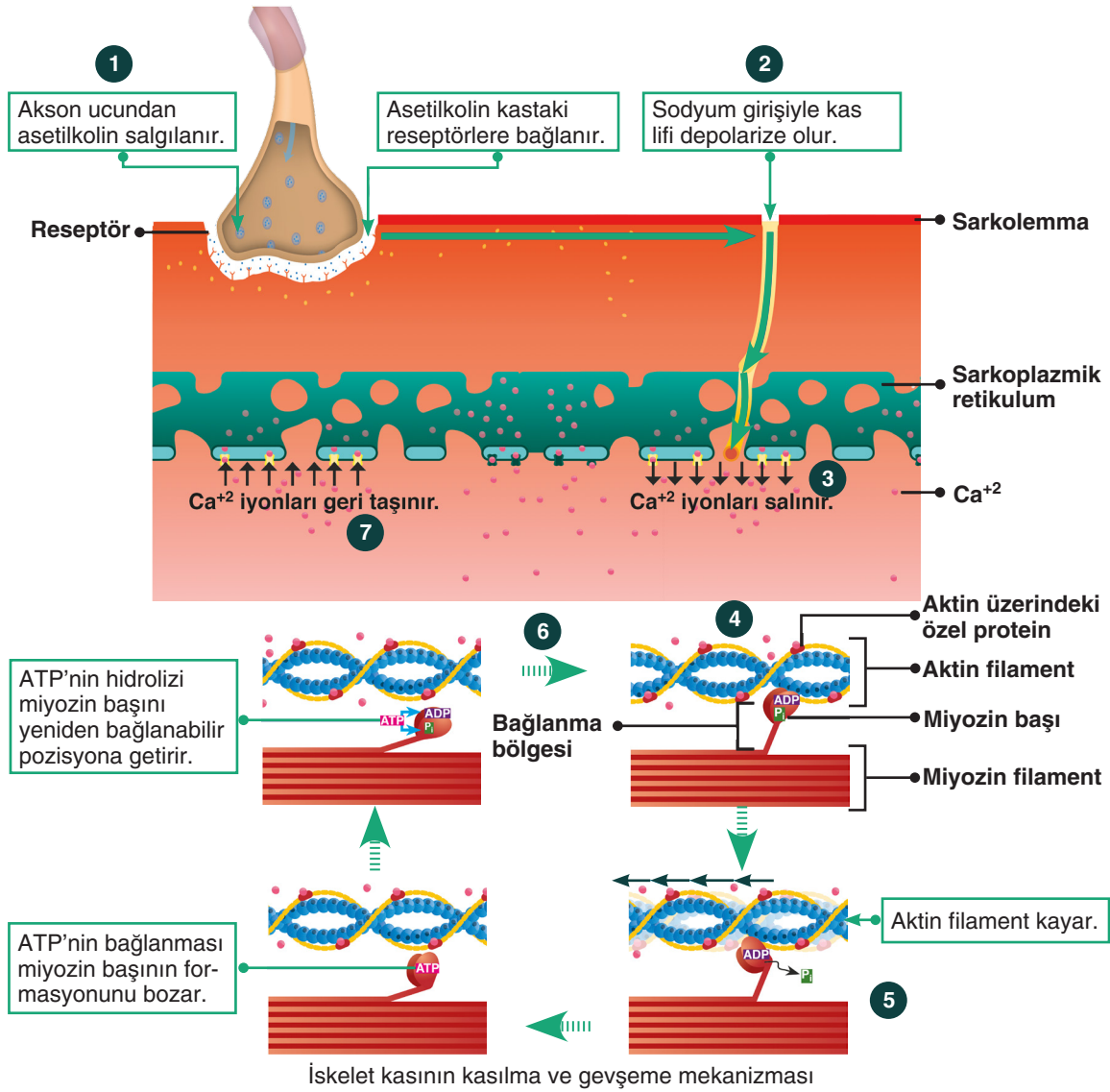


Sarkomerde kasılma ve gevşeme sırasında meydana gelen değişimler

İskelet kasının kasılmasını **somatik sinir** sisteminden gelen uyarılar başlatır. Somatik sinir sistemine ait miyelinli sinir hücreleri, kas lifleri ile bağlantılıdır. Her kas lifi (hücre), onu kontrol eden motor sinirle sinaps yapar. Ancak her motor sinir, tipik olarak birçok kas lifiyle sinaps yapar. Bir motor sinir ve kontrol ettiği tüm lifler, motor birimi oluşturur. Bir motor nörona eşik değer ve üzerinde bir uyarı geldiğinde motor nöronun bağlantıda olduğu birim içerisindeki tüm kas lifleri bir grup olarak kasılır. Ortaya çıkan kasılmanın gücü, motor nöronun kaç tane kas lifini kontrol ettiğine bağlıdır. Motor nöronun kas hücresine bağlandığı bölgelerde miyelin kılıf yoktur. Bu bağlantı yerlerine **motor uç plak** adı verilir.



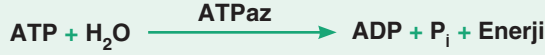
Kasılma ve Gevşeme Mekanizması



1. İmpuls motor uç plağa geldiğinde nörondan asetilkolin nörotransmitterinin salgılanmasını sağlar.
2. Asetilkolinler sarkolemma üzerindeki Na^{+} kanallarının açılmasını sağlayarak hücre içine çok sayıda Na^{+} iyonunun girmesine neden olur. Böylece kas hücresi **depolarize** olur.
3. Hücre içinde uyarı sarkoplazmik retikuluma ulaştığında sarkoplazmik retikulumda depolanan Ca^{+2} iyonları sarkoplazmaya salınır.
4. Sarkoplazmada derişimi artan Ca^{+2} iyonları sarkomerde aktin filamentinin üzerindeki proteine bağlanır. Ca^{+2} iyonlarının özel proteine bağlanması, şekil ve konumunda değişiklik meydana getirir. Bu değişiklik aktin filamenti üzerinde miyozinin bağlanacağı miyozin bağlanma bölgelerinin açığa çıkmasını sağlar.
5. Miyozin başında ATP'nin hidrolizi sonucu açığa çıkan enerji, miyozin başının aktin filamentine bağlanmasını ve aktin filamentlerin sarkomerin merkezine doğru kayarak hareket etmesini sağlar. Böylece **kas kasılır**.
6. Miyozin başına yeni bir ATP molekülünün bağlanması ile miyozin başı formasyonunu kaybeder ve aktini bırakır. Ca^{+2} iyonlarının yeterli miktarda olmasıyla miyozin bağlanma bölgeleri açık kalır ve ATP olduğu sürece bu döngü devam eder.
7. İmpuls sonlandığında Ca^{+2} iyonları aktif taşıma ile tekrar sarkoplazmik retikuluma taşınır. Ca^{+2} derişiminin azalmasına bağlı olarak aktin üzerindeki özel protein kompleksinden Ca^{+2} iyonlarının ayrılması, miyozinin aktine bağlandığı bölgenin de kapanmasını sağlar. Böylece **kas gevşer**.

KASLARDA ENERJİ METABOLİZMASI

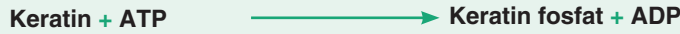
Kaslar kasılmaları sırasında öncelikle hücrede hazır olan ATP'leri tüketir. Sayıca az olan bu ATP'ler çok kısa sürede tükenir.



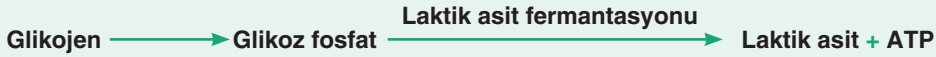
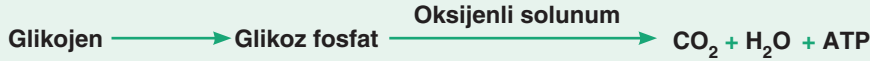
İskelet ve kalp kaslarında ihtiyaç duyulan ATP miktarı fazla olduğundan hücrede hazır olan ATP yeterli gelmez. Anlık ATP ihtiyacı **kreatin fosfat** moleküllerinden karşılanır. Hücre kreatin fosfat molekülünü parçalayarak açığa çıkardığı fosfat ile ADP'yi ATP'ye dönüştürür.



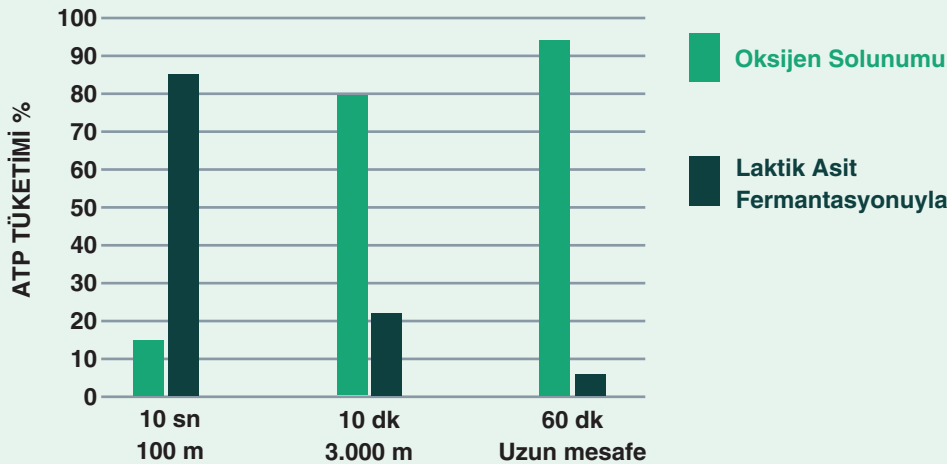
Oluşan ATP'ler kas hücresinin yaklaşık **15 saniyelik** ihtiyacını karşılar. Parçalanmış kreatin fosfatlar kas gevşediğinde, dinlenme sırasında ters yönde bir tepkimeyle tekrar oluşur.



Üretilen enerjinin kasların kasılıp gevşemesine yeterli gelmediği durumlarda hücrede depolanan glikojen molekülü parçalanır ve glikozlara dönüştürülür. Glikozlar hücrede oksijenli solunum ya da laktik asit fermantasyonunda kullanılarak ATP üretimi gerçekleştirilir.



Laktik asit fermantasyonunda oksijenli solunuma göre ATP üretimi kısa sürede gerçekleşir ancak üretilen ATP miktarı çok düşüktür. Laktik asit fermantasyonu ve oksijenli solunum yolu ile hücrede üretilen ATP miktarı kas faaliyetine göre değişiklik gösterir. Oksijen azlığında kısa süreli kuvvetli kas faaliyetlerinde kullanılan enerjinin büyük bölümü laktik asit fermantasyonundan sağlanır. Kas faaliyetinin süresi uzadıkça kullanılan enerjinin büyük bölümü oksijenli solunumla sağlanmaktadır. Kasta biriken laktik asit, karaciğere taşınarak burada piruvata dönüştürülür ve solunumda tekrar kullanılır.



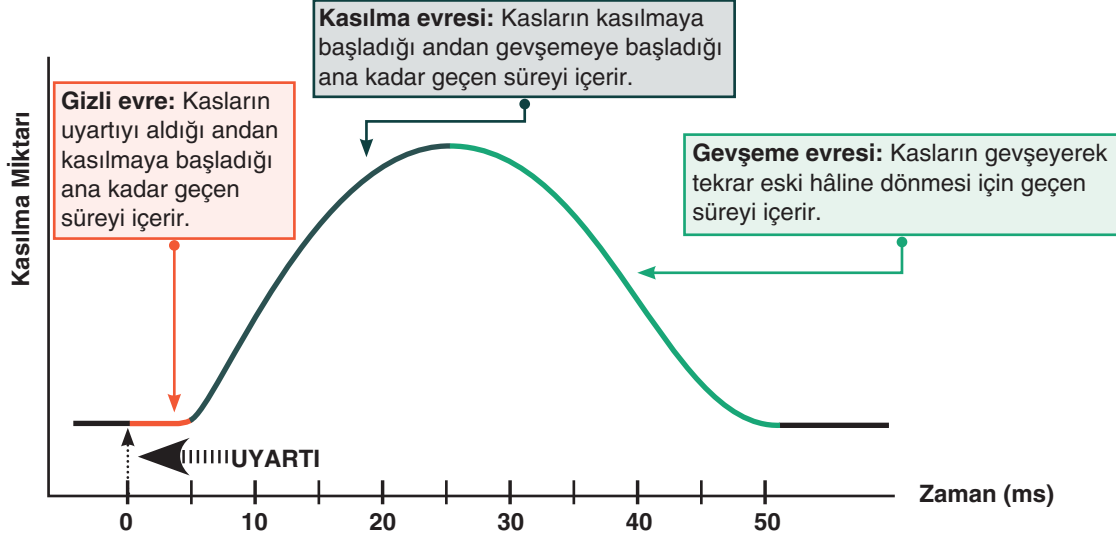
Yoğun kas aktivitesi sırasında iskelet kaslarında ATP üretmek için yapılan şeker yıkım hızı, kasın kandan oksijen sağlama hızını geçer. Bu durumda hücre, ATP ihtiyacını oksijenli solunum yerine laktik asit fermantasyonundan sağlar.

İskelet kasının kasılma ve gevşeme mekanizması

KASLARDA KASILMANIN KONTROLÜ

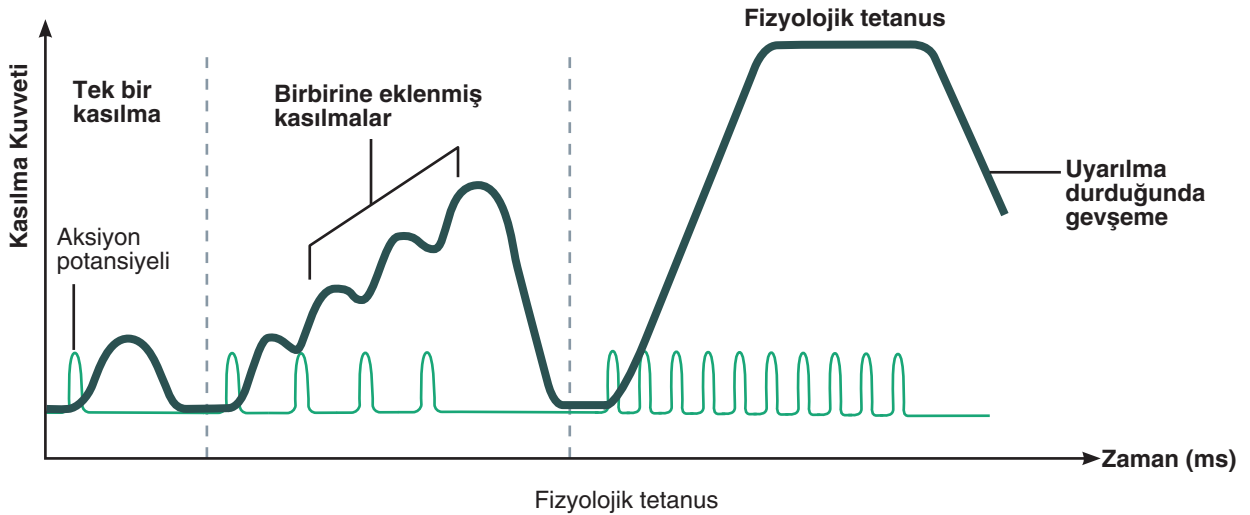
Kaslarda Kasılmanın Kontrolü ve Kasılma Evreleri

Çizgili kasların dinlenme durumunda hafif kasılı ve gergin kalma durumuna **kas tonusu** denir. Bu durum vücut duruşunda önemli bir etkiye sahiptir. Kas aksiyon potansiyeli ile kasılı olmasa da sinir hücrelerinden gelen düşük hızdaki impulslarla bir miktar kasılı tutulur. Kas tonusu bilincin açık olduğu zamanlarda vardır. Bir kas, uyarı aldıktan sonra kasılması ve gevşemesi üç evrede gerçekleşir. Bu evreler sırasıyla gizli evre, kasılma evresi ve gevşeme evresidir.



İskelet kasının kasılma ve gevşeme mekanizması

Aksiyon potansiyelinin etkilediği motor birimlerin sayısının çok olması ya da uyarının sıklığı, daha çok kas telinin uyarılmasını ve kuvvetli kasılmayı sağlar. Bir kas telindeki tek bir aksiyon potansiyeli tek bir kasılmayı (seğirmeyi) tetikler. Kas lifi dinlenmeye geçmeden yeni uyarılarla kas teli tetiklenirse kasılmalar birbirine eklenir ve kas teli tarafından oluşturulan kasılma kuvveti artar. Uyarıların hızlı bir şekilde tekrarlanmasıyla kasın gevşeme evresine girmeden tekrar ve sürekli kasılması durumuna **fizyolojik tetanus** denir. **Kramp** ve **spazmlar** fizyolojik tetanusa örnek verilebilir.

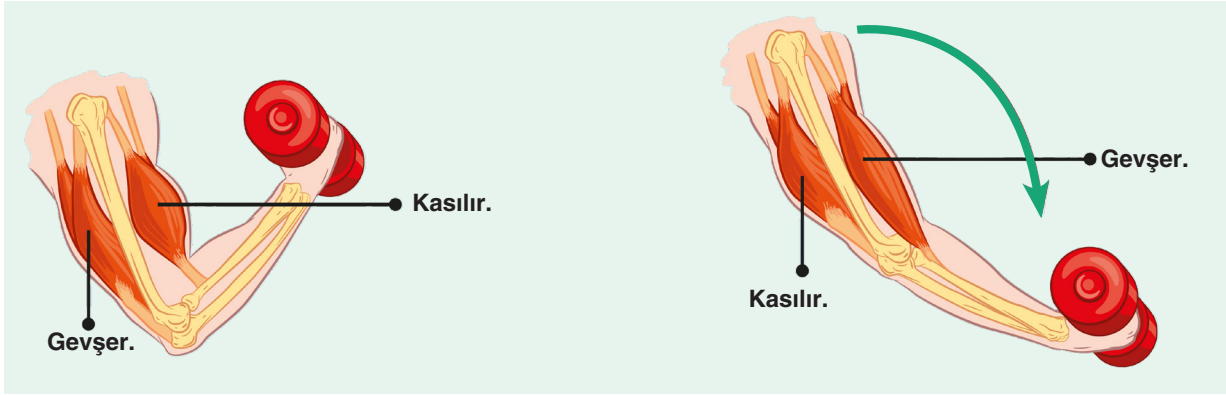
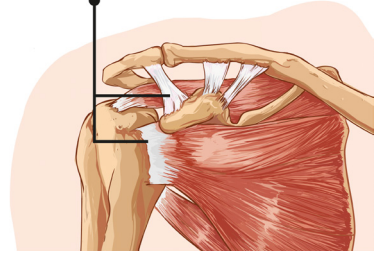


KAS-İSKELET İLİŞKİSİ

Tendon, kasları kemiklere bağlayan güçlü bağ dokudur. Fiziksel gerilmelere karşı dayanıklıdır. Tendon gerilme sırasında boyca uzamaz ve kasılmaz. Tendonların işlevi kastan aldığı kuvveti kemiğe ileterek hareketin gerçekleşmesini sağlamaktır. Baldır kasını topuk kemiğine bağlayan aşil tendonu vücuttaki en büyük tendonlardan biridir.

Hareketin gerçekleşmesi için kasların kasılarak güç yaratmaları gerekir. Vücut kısımlarının ileri geri hareketinin sağlanması için iskeletin aynı bölümüne bağlanmış iki kasa gereksinim duyulur. Aynı bölüme bağlı birbirine zıt yönde çalışarak hareketin gerçekleşmesini sağlayan kaslara **antagonist kas** denir. Kolun üst kısmında yer alan pazu kasları antagonist kaslara örnektir. Antagonist kasların biri kasılırken diğeri gevşer, böylece hızlı ve dengeli bir hareket sağlanır. Antagonist kasların aksine aynı anda kasılıp aynı anda gevşeyen kaslara ise **sinerjist kaslar** denir. Birlikte çalışan sinerjist kaslar bir ekleme aynı yönde etki ederek aynı hareketin yapılmasını sağlar. Parmakları hareket ettirmeyi sağlayan el bileğindeki kaslar ile karın ve sırt bölgesindeki kaslar sinerjist kaslara örnektir.

Omuzda tendonlar

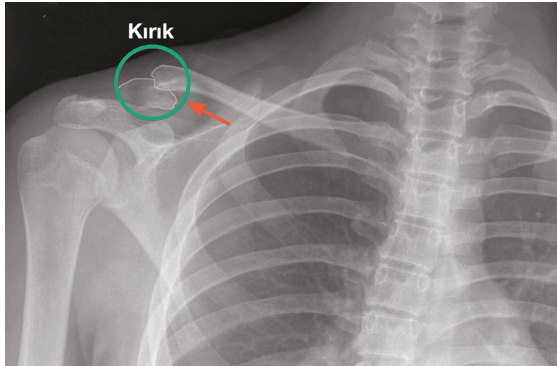


Antagonist kas çiftinin çalışma prensibi

DESTEK VE HAREKET SİSTEMİ RAHATSIZLIKLARI VE SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

Destek ve Hareket Sistemi Rahatsızlıkları

Günlük yaşam sırasında ihtiyaç duyulan hareketlerin yapılabilmesi destek ve hareket sisteminin sağlıklı yapısıyla ilişkilidir. Çeşitli nedenlerle bu sistemin sağlıklı yapısının bozulması yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Destek ve hareket sisteminde oluşabilecek rahatsızlıklara kırık, çıkık, burkulma, menisküs yırtığı ve eklem rahatsızlıkları örnek verilebilir.



Kırık

- Ani ve kuvvetli ya da sürekli bir biçimde küçük darbelerle kemik dokusunda meydana gelen ayrılmalar sonucu kemik bütünlüğünün bozulmasına **kırık** denir.
- Kemiğin kırılmasına neden olan darbe genellikle kemiği saran diğer dokulara da zarar verir.
- Kırık olan bölgede genellikle ağrı, şişlik (ödem) ve morarmanın yanı sıra şekil ve fonksiyon bozukluğu görülür. Kırığın olduğu uzuv hareket ettirilmemelidir.

Çıkık

- Kemiklerin eklem yerinden kalıcı biçimde ayrılmasına **çıkık** denir.
- Çıkık olan bölgede yoğun ağrı, şişlik, eklem bölgesinde bozukluk ve işlev kaybı görülür.
- Eklem bölgesindeki kemikler yerlerine yerleştirilmeye çalışılmamalıdır.

Burkulma

- Zorlayıcı ya da kontrolsüz hareketler esnasında eklem yüzeylerinin anlık ve geçici olarak ayrılmasına **burkulma** denir.
- Burkulan bölgede ağrı, kızarıklık, şişlik ve işlev kaybı görülür.
- Bölgeye soğuk uygulama yapılarak semptomlar hafifletilebilir.
- Spor yapmadan önce mutlaka eklemler ısınma hareketleriyle ısıtılmalıdır.

Menisküs Yırtığı

- Diz eklemindeki kemikler arasında bir yastık görevi gören özelleşmiş kıkırdak desteklerine **menisküs** denir.
- Menisküsler, kemiklerin kıkırdak yüzlerinin sürtünmesini azaltıp, eklem gelen yükü dengeli bir şekilde dağıtarak eklem hareketini kolaylaştırır.
- Fiziksel ve zorlayıcı hareketler ya da diz bölgesinde oluşabilecek ani darbeler menisküslerin zarar görmesine ve yırtılmasına neden olabilir.
- Menisküs yırtılmalarında bölgede ağrı ve hareketlerde kısıtlılık meydana gelir. Tedavi edilmezse kalıcı kıkırdak hasarı ve kireçlenme oluşabilir.

Eklem Rahatsızlıkları

- Vücudun kol, bacak, boyun gibi hareket ettirilebilen kısımları bu hareketini eklemler sayesinde gerçekleştirir.
- Eklem rahatsızlıkları genellikle yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıksa da bazı travmalar sonucunda genç bireylerde de görülebilir.
- Eklem rahatsızlıklarından en yaygın olanı eklem romatizmasıdır.
- Eklem kıkırdığının altındaki kemik dokusu deforme olur, eklemlerin normal yapısı bozulur. Hareketlerde kısıtlanma ve ağrı görülür.
- En yaygın görülen başka bir eklem rahatsızlığı ise iltihaplı romatizma adı verilen **romatoid artrit**tir. Otoimmün bir rahatsızlık olan romatoid artrit vücutun savunma hücreleri eklem dokusuna saldırır ve dokuyu tahrip eder. Hastalığın ilerlemesi eklemlerde ciddi ağrı ve deformasyon ile sakatlanmalara neden olurken başka doku ve sistemleri de etkileyebilir.

Destek ve Hareket Sisteminin Sağlıklı Yapısının Korunması

Destek ve hareket sisteminin sağlıklı yapısının korunmasında kalıtım ve hormonların etkisinin yanında, dengeli beslenme ve fiziksel aktivite de oldukça önemlidir. Kas-iskelet sağlığı dört bileşen ile ifade edilir. Bunlar **kaslar**, **kemikler**, **eklemler** ve **motor beceriler**idir. Sağlıklı yapıdan bahsedilirken;

- ⇒ kasların kütlesi, kuvveti ve dayanıklılığı,
- ⇒ kemiklerin mineral yoğunluğu ve içeriği,
- ⇒ eklemlerin hareket miktarı veya esnekliği,
- ⇒ motor becerilerin koordinasyon ve dengedeki rolü, hareket hızı ve çeviklikteki rolü değerlendirilir.

Dengeli ve sağlıklı bir beslenme özellikle protein, vitamin ve minerallerin sağlanabilirliği yönünden önem taşır.

- Proteinler kemiğin organik kısmı olan kolajenin sentezi ve kas gelişimi için gerekli amino asitleri sağlaması açısından yeteri kadar alınmalıdır.
- A, D ve C vitaminleri kemik oluşumu ve gelişiminde önemlidir.
 - ⇒ A vitamini kas ve kemiklerin gelişiminde,
 - ⇒ D vitamini kemiğin yapısında bulunan kalsiyumun bağırsaktan emiliminde,
 - ⇒ C vitamini de kemikteki lifli yapıların oluşumunda görev alır.

Kemik ve kas dokunun kalınlaşması ve güçlenmesi için yapabileceğimiz ve dikkat edeceğimiz bazı davranışlarla destek ve hareket sistemimizin sağlığını koruyabiliriz.

- Fiziksel aktivite yapmak; mekanik bel ağrısının, omuz ve boyun ağrısının, osteoporoz ve buna bağlı kırıklar gibi kas-iskelet düzensizliklerinin ertelenmesinde ve önlenmesinde etkilidir.
- Bozuk duruş (postür) ve ergonomik olmayan eşya kullanımından kaçınılmalıdır.
- Ayakta dururken, yatarken, çalışırken, uyurken, yük taşıırken ve otururken uygun duruşa dikkat edilmelidir.
- Uzun süre oturmayı gerektiren durumlarda belirli aralıklarla kalkıp yürünmeli ve kaslar esnetilmelidir.
- Düzenli bir şekilde koşmak, yüzmek, yürümek gibi aktiviteler kasları güçlü tutmak için tavsiye edilebilir.
- Uygun duruş, vücudun düzgün gelişmesini sağlamak, kemiklerde şekil bozukluklarının ortaya çıkmasını önlemek için önemlidir.
- Otururken ve yürürken dik durmaya özen gösterilmelidir.
- Ağır yük taşınmamalı, yük taşınırken iki el birlikte kullanılarak denge sağlanmalıdır.
- Yerden yük kaldırılırken dizler bükülmelidir.
- Çantalar tek omuzda taşınmamalı, yükün eşit dağılması için sırt çantası tercih edilmelidir.

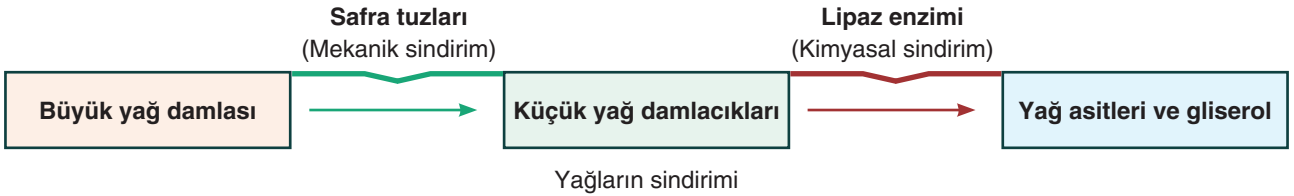


SİNDİRİM ÇEŞİTLERİ

Sindirim Amacı ve Çeşitleri

İnsanlar; büyüme, gelişme, üreme gibi yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek ve hücrelerin enerji ihtiyacını karşılayabilmek için besinlere ihtiyaç duyar. Bu besinler, bütün veya parçalar hâlinde ağız yoluyla alınır ve hücrelerin gereksinim duyduğu ancak sentezleyemediği temel (esansiyel) besin maddelerini de kapsar. Vücuda alınan besinler sindirim sistemi ve yardımcı organları sayesinde işlenerek hücrelerin kullanabileceği forma dönüştürür. **Sindirim**, alınan besinin hücre zarından geçebilecek kadar küçük moleküllere parçalanmasıdır. İki şekilde gerçekleşir.

- **Mekanik sindirim**, besinlerin fiziksel olarak küçük parçalara ayrılması olayına denir. Mekanik sindirimin amacı, besinlerin yüzey alanını genişleterek enzim etkinliğini artırıp kimyasal sindirimi hızlandırmaktır. Bu nedenle besinler hücre zarından geçebilecek kadar küçük değildir.
 - ⇒ Mekanik sindirimde enzim kullanılmaz.
 - ⇒ Safra tuzlarının yağları küçük yağ damlalarına dönüştürmesi ve besinlerin ağızda diş ve kaslarla yapılan çiğneme işleviyle küçülmesi mekanik sindirimdir.
- **Kimyasal sindirim**, büyük moleküllü besinlerin su ve sindirim enzimleri ile yapı taşlarına kadar parçalanmasıdır.
 - ⇒ Polisakkarit ve disakkaritlerin monosakkaritlere, proteinlerin amino asitlere, nötral yağların yağ asitleri ve gliserole parçalanması kimyasal sindirimdir.
 - ⇒ Safra tuzlarıyla küçük yağ damlalarına dönüşen yağ moleküllerinin **lipaz enzimi**yle yağ asitleri ve gliserole parçalanması da kimyasal sindirimdir.

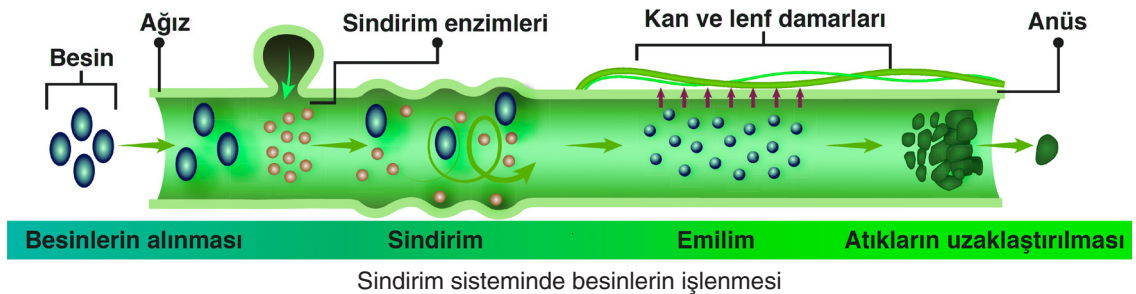


Kimyasal sindirim gerçekleştiği yere göre **hücre içi** ve **hücre dışı** sindirim olmak üzere ikiye ayrılır.

İnsanlarda sindirim, sindirim kanalında (hücre dışında) gerçekleşir. Tükürük bezleri, mide, pankreas ve ince bağırsak tarafından sindirim kanalına gönderilen enzimler büyük molekülleri hücre dışı sindirimle yapı taşlarına kadar parçalar. Hücre içi sindirimde ise endositozla hücreye alınan büyük moleküller lizozom organeli sayesinde yapı taşlarına parçalanır. İnsanda akyuvar hücrelerinin mikroorganizmaları savunma amaçlı yok etmesi ve karaciğerdeki **Kupffer** hücrelerinin yaşlanmış alyuvarları parçalaması hücre içi sindirimle gerçekleşir.

Besinler sindirildikten sonra **emilim** olayı gerçekleşir. Karbohidrat, yağ, protein ve nükleik asitler kimyasal sindirimle bu yapıları oluşturan moleküllere ayrıldıktan sonra hücre zarından geçebilir. Su, monomerler, iyonlar ve vitaminler ise sindirime uğramaz, doğrudan hücre zarından geçebilir. Pasif ve aktif taşıma ile hücreye alınan moleküller hücrenin ihtiyaç duyduğu yeni moleküllerin sentezlenmesi, hücrede enerji üretilmesi gibi olaylarda kullanılır. Besinlerin işlenmesinde son aşama ise sindirim sisteminde sindirilmeyen besinlerin vücuttan uzaklaştırılmasıdır. Böylelikle sindirim sisteminde besinler dört aşamada işlenmiş olur.

⇒ **besinlerin alınması (yeme), sindirim, emilim, atıkların uzaklaştırılması**



SİNDİRİM SİSTEMİNİN GENEL YAPISI

Sindirim Kanalını Oluşturan Yapılar

Sindirim kanalı **ağız**dan başlayıp **anüse** kadar devam eden kanala verilen addır. İnsanda sindirim sistemi, **sindirim kanalı organları** ve sindirim sıvıları üreten **yardımcı bezlerden** oluşur.

Bu kanalın organları;

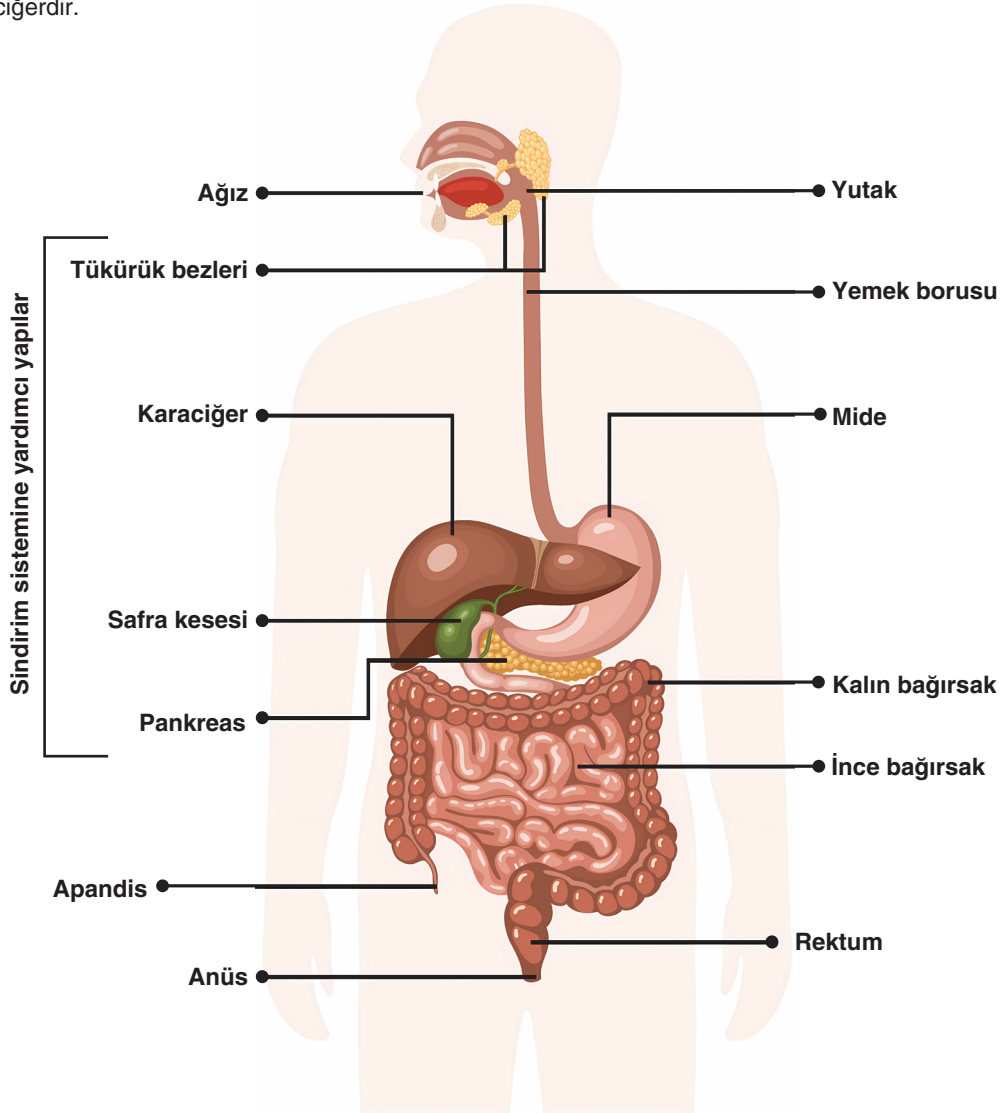
- ⇒ ağız,
- ⇒ yutak (farinks),
- ⇒ yemek borusu (özofagus),
- ⇒ mide,
- ⇒ ince bağırsak (duodenum, jejunum, ileum),
- ⇒ kalın bağırsak (çekum, kolon, rektum) organları,
- ⇒ anüştür.

Bu kanalın yardımcı bezleri;

- ⇒ tükürük bezleri,
- ⇒ pankreas,
- ⇒ karaciğerdir.

! DİKKAT

Sindirim sistemi, otonom sinir sisteminin ve hormonların kontrolünde çalışır.



İnsanda sindirim sistemi

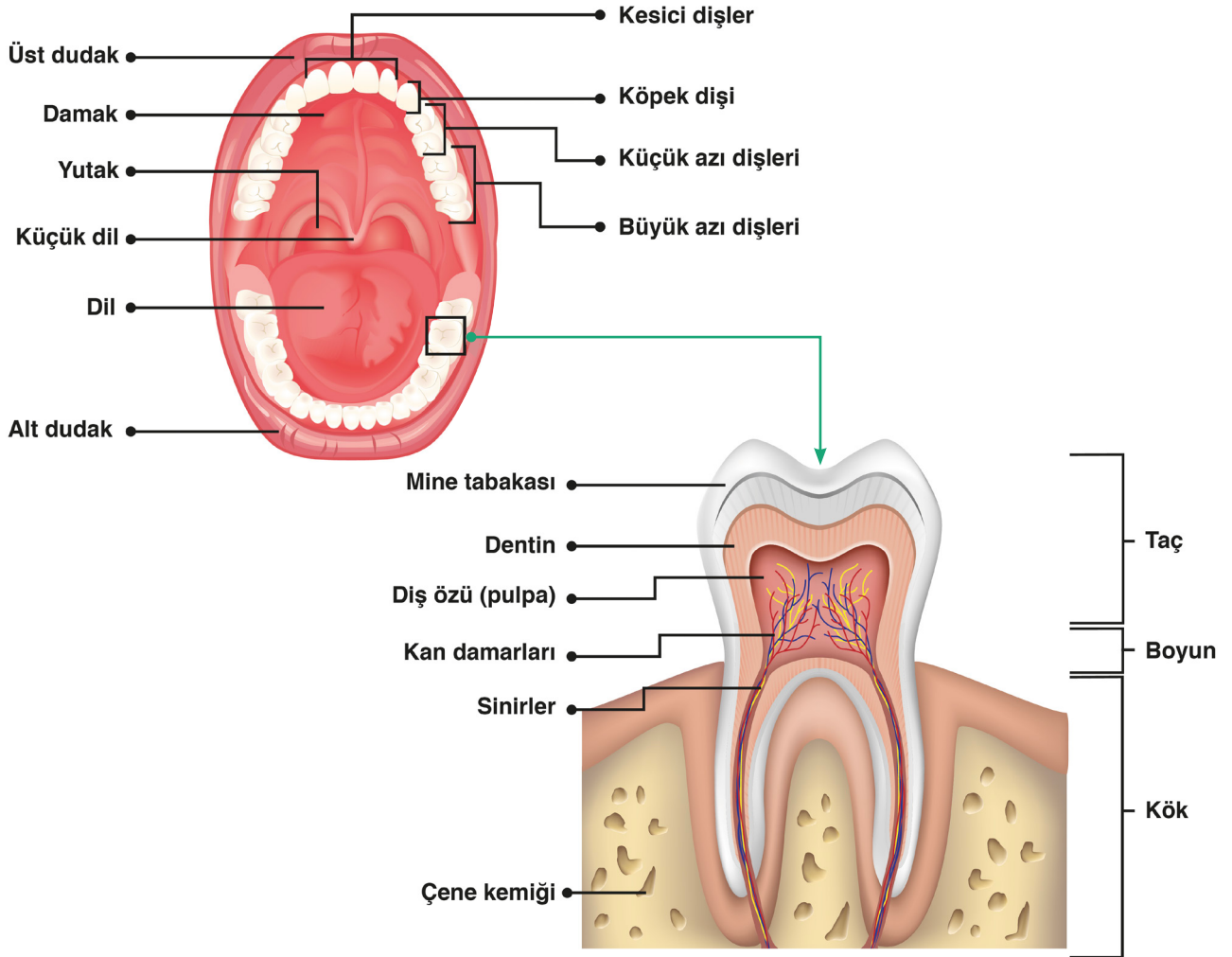
AĞIZ

Besinlerin sindirim sistemine alındığı ilk bölüm olan ağız; dudak, yanak, damak ve yutak ile çevrelenmiş bir boşluktur. Ağız boşluğu **mukoza** adı verilen çok katlı epitel doku ile kaplıdır. Ağız boşluğunda besinlerin mekanik ve kimyasal sindirime uğratılması ile yutulmaya hazır hâle getirilmesi işlemleri gerçekleştirilir. Ağızda besinlerin sindiriminde etkili olan yapılar dişler, dil ve tükürük bezleridir.

Dişler alt ve üst çene kemiklerinin çukurlarına belirli görevlere uygun olarak yerleşmiştir. Dişler, çene kaslarının hareketi ile gerçekleştirdiği çiğneme işlevi sırasında besinleri keser; ezer ve parçalar.

Böylece besinleri daha küçük parçalara ayırıp toplam yüzey alanlarını genişleterek mekanik sindirimde rol oynar. Besinlerin parçalanması sonucu yüzey alanının genişletilmesi sindirim enzimlerinin etkinliğini artırır. Ayrıca bazı besinlerin sert dış yüzeylerinin parçalanması, bu besinlerin besleyici bölümlerinin açığa çıkmasında ve kullanılabilirliğinin artmasında önemlidir. Yine ezilmiş hâldeki besinler sindirim kanalına zarar vermeden rahatça ilerleyebilir.

Yetişkin bir insanda yirmilik dişlerle birlikte alt ve üst çenenin her birinde on altışar olmak üzere toplam 32 diş bulunur. Her yarım çenede iki kesici diş, bir köpek dişi, iki küçük azı dişi ve üç büyük azı dişi bulunur. Bir dişte **taç**, **boyun** ve **kök** olmak üzere üç kısım bulunur. Dışta kalan kısma **taç**, diş etiyile bağlantılı kısma **boyun**, çene kemiği içindeki kısma **kök** denir. Dişin dıştan içe doğru kısımları ise **mine**, **dentin** ve **diş özüdür** (pulpa). Mine tabakası; taç kısmının üzerini örten temel olarak kalsiyum fosfattan yapılmış sert, parlak ve dayanıklı bir tabakadır. Dentin tabakası, dişin mine tabakasının hemen altından kök kısmına kadar uzanan kemiksi madde içeren bir tabakadır. Dentin tabakasının iç kısmında yer alan diş özünde kan damarları, sinirler ve dentin üreten hücreler bulunur.



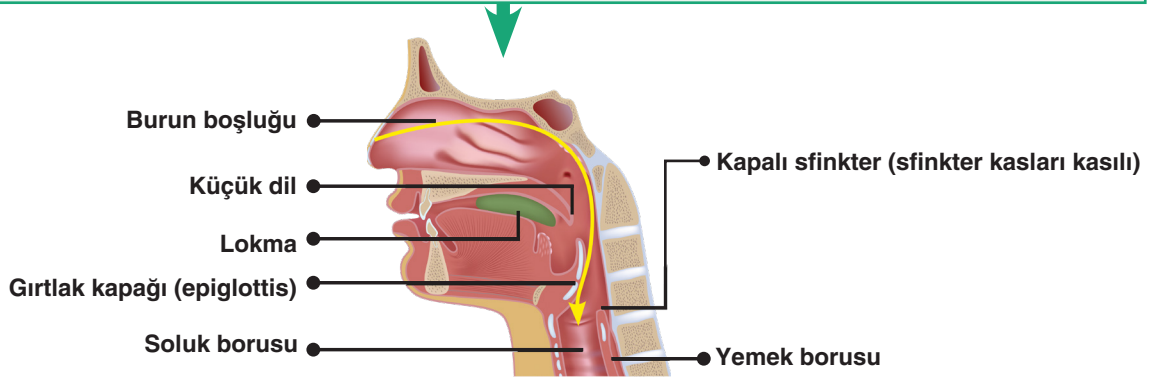
Ağzın genel yapısı, yetişkin bireydeki diş çeşitleri ve dişin bölümleri

Ağızda besinler bir taraftan dişler sayesinde parçalanırken diğer taraftan tükürük bezlerinin salgıladığı tükürükle ıslatılır ve karıştırılır. Tükürük içerisindeki amilaz (pityalin) enzimi karbohidratların kimyasal sindirimini başlatır. Çiğneme sırasında yanak kasları ve dil kaslarının hareketleri ile besin yutulabilecek lokma hâline getirilir. Dil, besinlerin tadının alınması ve yutulması görevinin yanı sıra konuşma fonksiyonuna da yardımcı bir organdır.

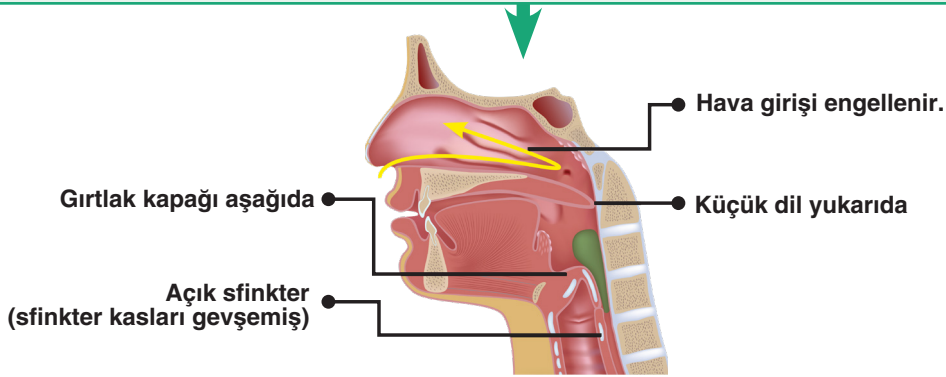
YUTAK (FARİNGS)

Ağızdaki besinin yutağa iletilmesi istemli olarak başlayan ve sonrasında istemsiz olarak devam eden bir refleks olayıdır. Ağızdan sonra gelen yutak, yemek borusu ve soluk borusuna açılır. Yutağın sindirimdeki görevi, yutulan lokmayı yemek borusuna iletmektir.

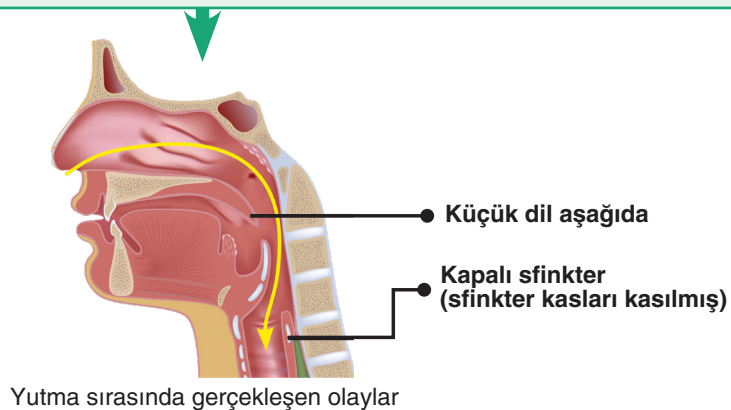
Lokma ağızdayken solunum yolu açıktır. Burundan alınan hava soluk borusuna iletilir. Yemek borusu girişindeki büzgen kaslar (sfinkter kaslar) kapalıdır. Sfinkter kaslar, vücudun birçok yerinde bulunan özelleşmiş bazı bölgelerin geçiş noktalarındaki halkasal kaslardır. Genel olarak kasılı hâldeki bu kaslar bulunduğu bölgeyi daraltır ve bölümler arasında madde geçişini düzenler.



Yutma sırasında ağız gerisindeki küçük dil (yumuşak damak) yukarı doğru çekilerek besinin burun boşluklarına kaçmasını önler. Kıkırdak yapıları gırtlak kapağı (epiglottis) ise gırtlak (larinks) girişini kapatarak besinlerin soluk borusuna kaçmasını engeller. Bu sırada yemek borusu girişindeki sfinkter kaslar gevşer, besin yemek borusuna geçer. Solunum iki saniyeden daha kısa bir süre için durur. Yutma sırasında oluşacak bir sorun; besinin soluk borusuna kaçmasına, soluk borusunun tıkanmasına ve boğulmaya neden olur.

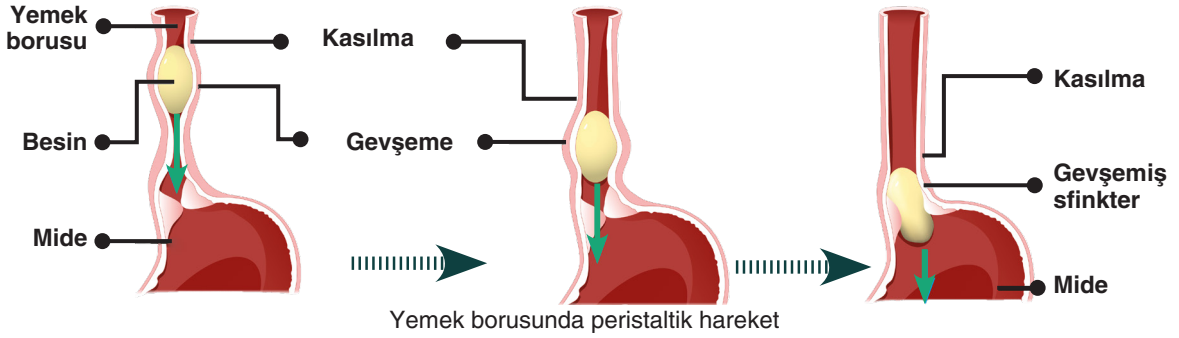


Lokmanın yemek borusuna geçmesiyle yemek borusu sfinkter kasları kasılır ve kapanır. Küçük dil yerine gelir, gırtlak kapağı yukarı kalkar ve solunum yolu tekrar açılır.



YEMEK BORUSU (ÖZOFAGUS)

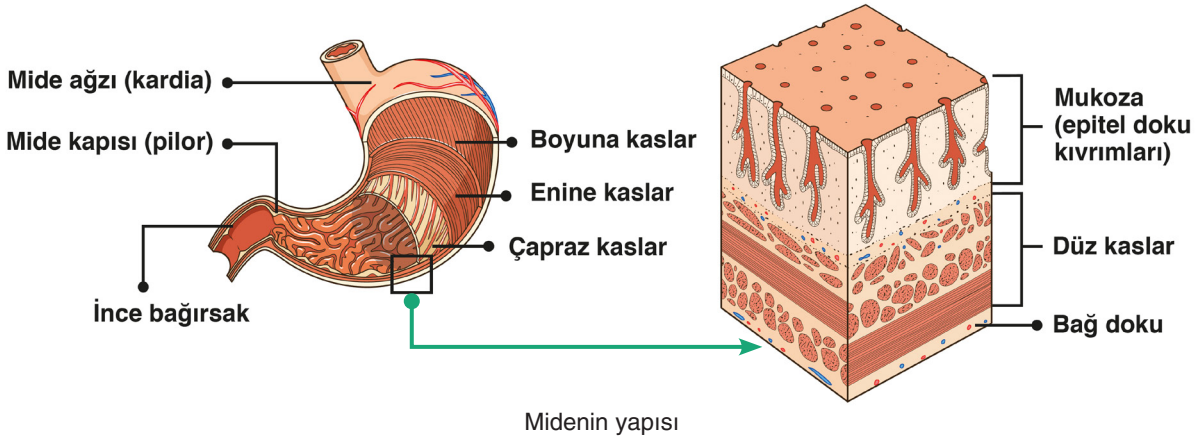
Yutak ile mide arasında yer alan yemek borusunun temel görevi lokmanın mideye iletilmesini sağlamaktır.



- Yutak ve yemek borusunda kimyasal ve mekanik sindirim olmaz.
- Yemek borusunda sindirim kanalının diğer kısımlarında olduğu gibi içten dışa doğru
⇒ **epitel doku, kas doku ve bağ doku** bulunur.
- Yemek borusunun iç yüzeyi mukoza denilen çok katlı yassı epitel doku ile kaplıdır.
- Yemek borusu boyunca yerleşmiş salgı bezlerinin ürettiği mukus, hem mukoza tabakasını korur hem de yemek borusunun iç yüzeyini kayganlaştırarak besinlerin kolay ilerlemesini sağlar.
- Yemek borusunun yutağa bakan üst kısmını oluşturan kas tabakası çizgili kasta oluşur.
- Yemek borusunun diğer kısımları dairesel ve uzunlamasına olarak yerleşmiş düz kaslardan oluşur.
- Yutma olayı istemli başlar istemsiz devam eder. Çizgili kaslar besinin yutulmasında etkilidir. Halkasal ve uzunlamasına yerleşmiş düz kasların ritmik kasılıp gevşeme hareketleriyle oluşan peristaltik hareketler besinin mideye iletilmesini sağlar. Besinin hareketinde yer çekiminin etkisi de büyüktür.
- Yemek borusunun alt ucundaki kasılı ve kapalı konumdaki sfinkterin gevşemesi ile besin mideye girer. Kusma olayı ise ters peristaltik harekettir.

MİDE

- Diyafram kasının hemen altında ve karın boşluğunun sol üst tarafında yer alan mide, sindirim sisteminin torba şeklinde genişlediği "J" harfine benzeyen kısımdır.
- Yemek borusu ile ince bağırsak arasında bulunur. Midenin yemek borusuna bağlandığı dar bölüme **mide ağzı** (kardia), ince bağırsağa bağlandığı dar bölüme **mide kapısı** (pilor) adı verilir.
- Mide; ağzı bölgesindeki sfinkter (kanal şeklindeki yapıları sararak, kanalı açıp kapatan kas halkası), mide içeriğinin yemek borusuna geri dönmesini engellerken pilor bölgesindeki sfinkter ise midedekilerin yavaş ve kontrollü olarak ince bağırsağa geçmesini sağlar.
- Mide besinlerin geçici olarak depolandığı, mekanik ve kimyasal sindirimin yapıldığı organdır.
- Besinler mide salgılarıyla karışarak kısmen sindirilmiş **kimus** adı verilen bir karışım hâline gelir.
- Mide içten dışa doğru **mukoza tabakası**, **düz kas tabakası** ve **bağ dokudan** oluşan duvara sahiptir.



- Mide duvarının iç yüzeyindeki mukoza tabakası çok sayıda katlanmalara ve mide bezlerine sahiptir.
- Mide bezlerini oluşturan farklı görevdeki hücreler **mide öz suyu** adı verilen sindirim sıvısını salgılar.

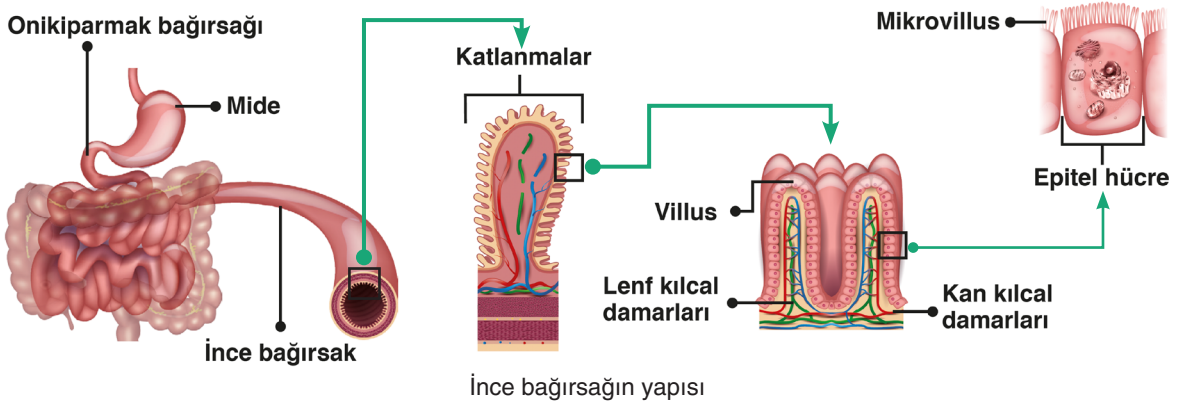
Mide öz suyu içinde **pepsinojen enzimi**, yüksek yoğunlukta **hidroklorik asit** (HCl) ve **mukus** bulunur. HCl mide öz suyunun pH değerinin yaklaşık 2 civarında olmasını sağlar. HCl etkisiyle besinlerle gelen çoğu mikroorganizma ölür ve pepsinojen aktifleşerek pepsin enzimine dönüşür. Aktifleşen pepsinler daha fazla pepsinojen enzimini aktifleştirir.

Kuvvetli asit ortamda en iyi (optimum) çalışan pepsin enzimi proteinlerin kimyasal sindirimini başlatır. Mukus salgısı ise yoğun bir tabaka oluşturarak mukoza tabakasını kayganlaştırır ve buradaki hücreleri kendi salgıladığı asidik içerikten ve sindirim enzimlerinden korur.

- Mukozanın dışında yer alan kaslı tabakada enine, boyuna ve çapraz dizilmiş düz kaslar bulunur. Bu dizilim şekli, kasların kasılıp gevşemesi sırasında mide öz suyu ile besinlerin tamamen karışmasını sağlar.
- Kas faaliyetleri ile mekanik sindirim gerçekleştirilir. Kısmen sindirilmiş besinlerle asidik mide öz suyu karışımı **kimusu** oluşturur.
- Midedeki besinler, ince bağırsağın sindirim ve emilim hızına göre kontrollü ve yavaş bir şekilde (2-6 saat) peristaltik hareketlerle ince bağırsağa iletilir.
- Midenin en dışında bağ dokudan ve epitel dokudan oluşan **periton** bulunur. Periton ince bir zar şeklinde karın boşluğundaki diğer organların da dış yüzeyini örter, karın boşluğu duvarını astarlar. Buradaki epitel dokunun salgı yapan hücreleri organların yüzeyini kayganlaştırır, hareketlerini kolaylaştırır, sürtünmeyi önler.
- Midenin çalışmasını **vagus siniri** ve **gastrin hormonu** düzenler. Besinin görüntüsü, kokusu, tadı hatta düşünülmesi ve mide duvarına teması ile oluşan sinirsel uyarılar; mide kas faaliyetlerinin artmasını sağlar ve mide öz suyu salgılanmasını uyarır. Besinin mideye ulaşması ve mide duvarında oluşan gerilim etkisiyle mide bezlerinden gastrin hormonu salgılanır ve kana verilir. Gastrin hormonu kan yoluyla tekrar mideye gelerek hem mide öz suyu salgılanmasını hem de mide hareketlerini uyarır. Midede besin bulunduğu sürece sinirsel ve hormonal düzenleme ile mide öz suyu salgılanması devam eder.

İNCE BAĞIRSAK

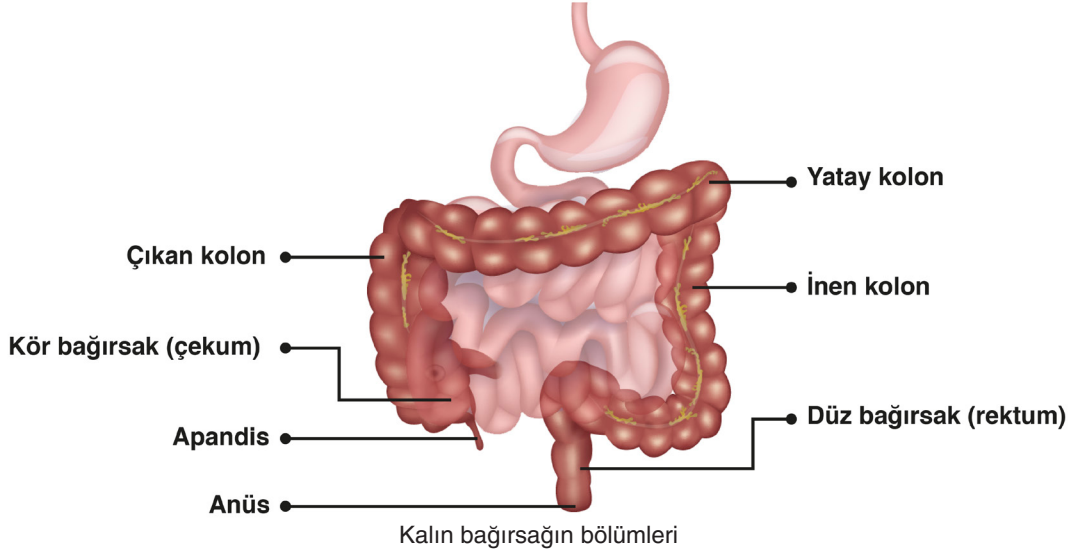
- Sindirim kanalında mide ile kalın bağırsak arasında kalan 6 metrenin üstünde uzunluğu olan bir organdır.
- İnce bağırsak içten dışa doğru **mukoza**, **düz kas** ve **bağ doku** tabakalarından oluşur.
- Mukoza tabakası hem salgılayanın hem de emilimin yapıldığı yerdir. Mukoza tabakasındaki katmanları oluşturan epitel doku hücreleri bağırsak boşluğuna doğru çok sayıda parmak şeklinde **villus** adı verilen kıvrımlar oluşturur. Villuslarda **kan kılcal damarları** ve **lenf kılcal damarları** bulunur. Villusu oluşturan epitel hücrelerin bağırsak boşluğuna bakan yüzeylerinde de **mikrovillus** adı verilen sitoplazmik uzantılar vardır.
- Mukoza tabakasındaki katlanmalar, villuslar ve mikrovilluslarla ince bağırsağın emilim yüzeyi yaklaşık 300 m² ye ulaşır. Villuslardaki epitel hücrelerin ömürleri yaklaşık 5 gündür.



- Mukoza tabakasında salgı yapan bezlerin bir kısmı bağırsak duvarı hücrelerini koruyan ve bağırsak yüzeyini kayganlaştıran mukusu bir kısmı da sindirim enzimlerini salgılar.
- İnce bağırsakta karbohidratların, yağların, proteinlerin ve nükleik asitlerin kimyasal sindirimi gerçekleşir.
- İnce bağırsaktan salgılanan sindirim enzimleri ise disakkaridazlar (maltaz, laktaz, sukraz), aminopeptidaz, karboksipeptidaz, dipeptidazlar, nükleotidazlar, nükleozidazlar, fosfatazlardır.
- İnce bağırsaktaki kas tabakasını halkasal ve düz kaslar oluşturur. Kaslar peristaltik hareketlerle besinin ilerlemesini sağlar. İnce bağırsağın dışında da **periton** adı verilen zar tabakası bulunur.
- İnce bağırsak üç bölümden oluşur. 25 cm'lik ilk bölüme **onikiparmak bağırsak** (duodenum), orta bölüme **boş bağırsak** (jejunum) ve son bölüme **kıvrımlı bağırsak** (ileum) adı verilir.
- Mideden onikiparmak bağırsağına geçen asidik kimus; pankreas, karaciğer, safra kesesinden gelen sıvılar ve bağırsak duvarındaki bezlerden salgılanan sıvılarla onikiparmak bağırsağında karışır.
- Onikiparmak bağırsağının mukoza tabakasındaki bezler tarafından salgılanan sıvılar içindeki mukus, bağırsak duvarındaki hücreleri asidik kimustan korur. Salgı içindeki bikarbonat iyonları (HCO_3^-) da pH değerinin nötr ya da hafif bazik olmasında rol oynar.
- İnce bağırsaktaki kimyasal sindirim için ortam pH değerinin 7,5-8,0 olması gerekir. İnce bağırsakta pH değerini nötralize eden diğer kaynaklar ise pankreas, karaciğer ve safra kesesi salgıları içindeki bikarbonat iyonudur. İnce bağırsak hem sindirim kanalına gönderdiği ekzokrin salgılarla hem de ürettiği hormonlarla karma bez özelliği gösteren bir organdır. Asidik kimus etkisiyle ince bağırsak duvarından **sekrelin** ve **kolesistokinin** hormonları salgılanıp kana verilir. Bu hormonlar kan yoluyla hedef organlarına taşınır ve bu organların sindirimdeki görevlerini yapmalarını sağlar. Karaciğer, safra kesesi ve pankreastan gelen salgılar, onikiparmak bağırsağı üzerindeki **Vater kabarcığı** olarak bilinen kısımdan sindirim kanalına boşaltılır.
- İnce bağırsağın onikiparmak bağırsağı bölümü sindirimin yoğun olarak gerçekleştiği yerdir. Bundan sonraki jejunum ve ileum bölümlerinde kimyasal sindirimin yanında besinlerin, su ve iyonların emiliminin yaklaşık %90 gibi büyük bir bölümü gerçekleşir.
- İnce bağırsağın son kısmı olan ileum kalın bağırsakla bağlantılıdır. Burada bulunan sfinkter, peristaltik hareketlerle gelen kimusun kontrollü bir şekilde kalın bağırsağa geçmesini sağlar.

KALIN BAĞIRSAK

- Kalın bağırsak, sindirim kanalının ince bağırsaktan sonra başlayan ve anüs ile sonlanan **kör bağırsak** (çekum), **kolon** ve **düz bağırsak** (rektum) bölümlerinden oluşan 1-1,5 m uzunluğundaki kısımdır.
- İnce bağırsağın kalın bağırsakla birleştiği yerde kör bağırsak bulunur. Kör bağırsağın parmak şeklindeki çıkıntısına **apandis** adı verir. Apandis, görevi tam olarak bilinmemekle birlikte yapısında bulunan lenf düğümleri nedeniyle bağışıklıkta rol oynar. Apandisteki iltihaplanma sonucu **apandisit** rahatsızlığı oluşur.
- Kalın bağırsak önce yukarı doğru çıkan, sonra yatay ilerleyen ve daha sonra aşağı doğru inen kolon bölümleri ile ince bağırsağı sarar.
- Kalın bağırsağın kolondan sonraki düz bağırsak bölümü anüsle bağlantılıdır.

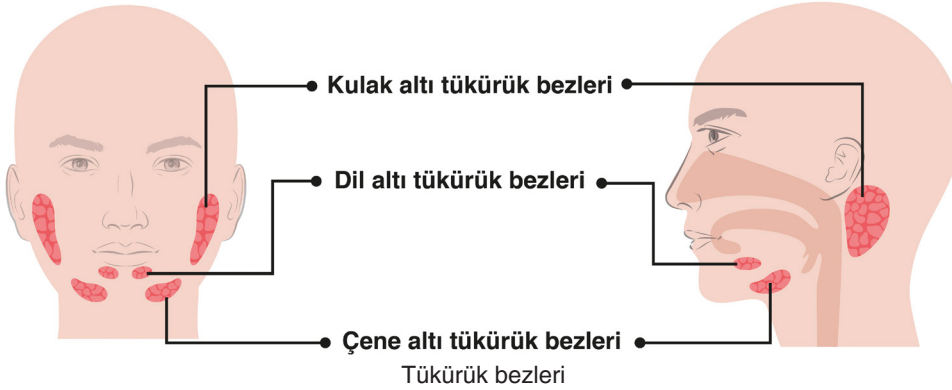


- Sindirim kanalı boşluğuna bakan kısmında epitel hücrelerin oluşturduğu mukoza tabakası, ortada peristaltik hareketlerde etkili olan halkasal ve uzunlamasına yerleşmiş düz kaslar ve en dışta periton bulunur.
- Kalın bağırsak mukozasında villuslar ve sindirim enzimi üreten bezler bulunmaz.
- Kalın bağırsakta kimyasal sindirim olmaz.
- Kalın bağırsağın mukus salgısı, bağırsak duvarını yıpranmalara karşı korur; dışkıyı bir arada tutan yapışkan bir ortam oluşturur ve bağırsak iç yüzeyini kayganlaştırarak dışkı hareketini kolaylaştırır.
- Kalın bağırsak içindeki sindirilmemiş ve emilmemiş organik maddeler üzerinde yüzlerce bakteri türü yaşar. Çoğu zararsız olan bu bakterilerin metabolik aktiviteleri sonucu metan, hidrojen sülfür gibi gazlar açığa çıkar ve bu gazlar anüs yoluyla atılır. Kalın bağırsakta su ve iyon emilimi yanında bazı bakterilerin ürettiği folik asit, biotin, B12 gibi B grubu vitaminleri ve K vitamini de emilerek kan dolaşımına katılır.
- Dışkı dışarıya atılncaya kadar kalın bağırsağın son bölümlerinde depolanır. Dışkıda çoğunluğu su olmak üzere selüloz lifleri, yağ, protein gibi sindirilmemiş besinler, inorganik maddeler, epitel hücre döküntüleri, ölü bakteriler gibi birçok içerik bulunur.
- Kalın bağırsağın son bölümü olan rektum ve anüs arasında iki sfinkter bulunur. İçteki sfinkter istemsiz kasılırken dıştaki sfinkter istemli kasılır. Kolondaki güçlü kasılmalar günde birkaç kez dışkılama isteği oluşturur.

SİNDİRİME YARDIMCI YAPI VE ORGANLAR

Tükürük Bezleri

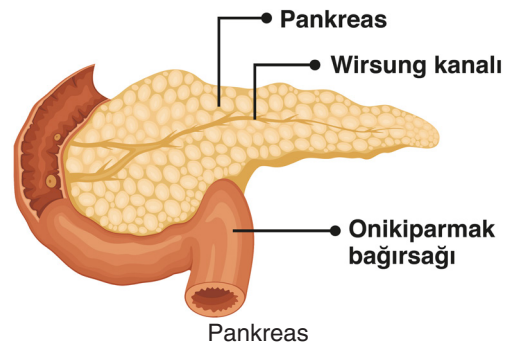
- Sindirime yardımcı olan tükürük bezleri; **kulak altı**, **dil altı** ve **çene altı** bezleri olmak üzere üç çifttir.
- Besinin ağıza alınmasıyla oluşan sinirsel uyarılar, beyin sapındaki merkezin uyarılmasına ve tükürük salgısına neden olur. Tükürük salgılanmasında kazanılmış refleks olarak besini görmek, kokusunu almak gibi uyarılar da etkilidir.
- Tükürük bezleri ekzokrin bez özelliği gösterir ve tükürüğü bir kanalla ağız boşluğuna salgılar.
- Günlük ortalama 1 litre tükürük salgılanır. Tükürüğün içinde amilaz enzimi, mukus, su, bikarbonat, potasyum, sodyum, klor, kalsiyum gibi iyonlar ve antimikrobiyal maddeler bulunur.



- Besinlerle gelen ve ağız içindeki bakterilerin metabolik faaliyetleri sonucu oluşan asidik maddeler tükürük içindeki iyonlarla nötralize edilir. Ortam pH'ı 6,0-7,0 arasında tutularak amilaz enziminin optimum etkiyi göstermesi sağlanır.
- Ağızda **amilaz enzimi** ile nişasta ve glikojenin kimyasal sindirimi başlar.
- Mukus salgısı ile ağız iç yüzeyi korunur, besinlerin yutulması kolaylaşır. Ağızda bulunan diş çürümelerine neden olan bakteriler ve besinlerle gelen bakteriler tükürük içindeki **lizozim enzimleri**yle ve antikorlarla yok edilir.

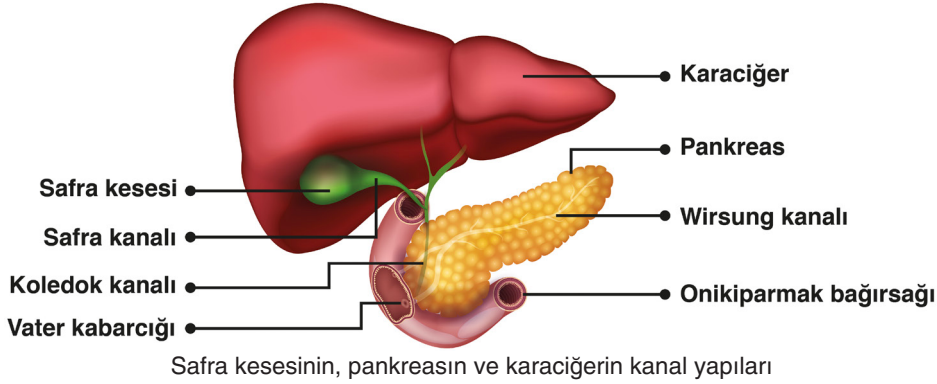
Pankreas

- Pankreas; midenin arka ve alt tarafında, mide ile onikiparmak bağırsağı arasında yatay uzanan yaprak şeklinde büyük bir bezdir. Onikiparmak bağırsağı ile bağlantılıdır.
- Endokrin ve ekzokrin salgıları nedeniyle karma bez özelliğindedir. Pankreasın endokrin bez özelliği **insülin** ve **glukagon** hormonlarını üretmesidir. Bu hormonlar, kandaki glikoz miktarını düzenler.
- Pankreasın ekzokrin bez özelliği ise sentezlediği sindirim enzimlerini ve bikarbonat iyonu yönünden zengin sıvıyı taşıyan pankreas öz suyunu onikiparmak bağırsağına salgılamasıdır. Pankreastan gelen sıvıların onikiparmak bağırsağına iletilmesini sağlayan kanala **Wirsung kanalı** adı verilir.
- Pankreasın ekzokrin salgısının oluşumunda **vagus siniri**, **sekretin** ve **kolesistokinin** hormonları görevlidir.
- Mideden onikiparmak bağırsağına geçen kimus, ince bağırsaktan sekretin ve kolesistokinin hormonlarının salgılanmasını uyarır. Bu hormonlar kan yoluyla pankreasa ulaşır. Sekretin hormonu etkisiyle pankreastan bikarbonat iyonu miktarı bakımından zengin, bazik özellikte sıvı üretilir ve salgılanır.
- Bikarbonat iyonu ile mideden gelen asidik kimus onikiparmak bağırsağında nötralize edilir, pankreas enzimlerinin etkinliği için uygun pH ortamı oluşur.
- Kolesistokinin hormonu; pankreasın karbohidrat, yağ, protein ve nükleik asit sindiriminde görevli enzimleri üretmesini ve salgılamasını uyarır. Pankreas öz suyu içindeki sindirim enzimleri; **amilaz**, **lipaz**, **nükleazlar** (**deoksiribonükleaz** ve **ribonükleaz**), **tripsinojen**, **kimotripsinojen**, **prokarboksipeptidaz**dır.
- Protein sindiriminde görevli olan enzimler inaktif olarak salgılanır, onikiparmak bağırsağında aktive edilir. Tripsinojen ince bağırsak hücrelerinin ürettiği enterokinaz enzimi ile aktive edilir, tripsin enzimine dönüşür. Tripsin de kimotripsinojen enzimini kimotripsin ve prokarboksipeptidaz enzimini karboksipeptidaz şeklinde aktive eder.



Karaciğer ve Safra Kesesi

- Karaciğer; deriden sonra vücudun en büyük organıdır. Ağırlığı yaklaşık 1,5 kg'dır. Diyafram kasının altında karın boşluğunun sağ üst kısmında yer alır.
- Karaciğerde sindirim enzimi üretilmez. Sindirim sistemindeki görevi, safrayı üretmesi ve salgılamasıdır. Safra içinde safra tuzları, yağ asitleri, bilirubin, kolesterol, bikarbonat, sodyum, klor gibi iyonlar ve su bulunur.
- Karaciğer hücreleri sürekli safra üretir. Üretilen safra buradaki kanallarla karaciğer kanalına gönderilir. Karaciğer kanalının yan kolu olan safra kanalı safra kesesi ile bağlantılıdır. Safra burada depolanır ve yoğunlaştırılır. Karaciğer kanalının safra kanalından sonraki bölümü **koledok kanalı** adını alır. Koledok kanalı pankreastan gelen **Wirsung kanalı** ile birleşerek **Vater kabarcığı** denilen kısımdan onikiparmak bağırsağına açılır. Safrayı üretmesi ve kanallarla ince bağırsağına göndermesi karaciğerin ekzokrin bez özelliğidir.



- Mideden onikiparmak bağırsağına geçen kimus içinde yağların bulunması ince bağırsaktan kolesistokinin hormonu salgılanmasını uyarır. Kolesistokinin hormonu kan yoluyla safra kesesine gelir, burada depolanan safranın koledok kanalına salgılanmasını uyarır.
- İnce bağırsağın ürettiği sekretin hormonu da karaciğerin safra üretmesinde etkilidir. Safra içindeki **safta tuzları**, yağların mekanik sindiriminde ve yağların kimyasal sindirimi sonucu oluşan yapı taşları ile yağda çözünen vitaminlerin emiliminde görevlidir. Görev sonunda safra tuzlarının büyük bir kısmı ince bağırsaktan emilerek safra üretilmesi için tekrar karaciğere gelir. Safra içindeki bikarbonat iyonu ince bağırsak pH değerinin nötr olmasına katkı sağlar. Safra içindeki bileşenlerin oranlarındaki değişim safra taşı oluşumuna, kanallarda meydana gelen tıkanıklık durumunda ise bilirubin kana karışarak sarılığa neden olur.
- Karaciğere iki koldan kan gelir. Bunlardan birisi mide, ince bağırsak, kalın bağırsak, pankreas ve dalaktan toplanan kanı getiren kapı toplardamarı, diğeri de kalpten çıkan aort atardamarının kollarından biri olan karaciğer atardamarıdır. Karaciğerden çıkan damar ise karaciğer toplardamarıdır.

Karaciğerin Diğer Görevleri

- Glikozun fazlasını glikojen şeklinde depolar, ihtiyaç durumunda tekrar glikoza dönüştürür.
- Karbohidrat, yağ ve protein metabolizmasını düzenler.
- Demir, bakır, yağda çözünen vitaminler, amino asit ve yağları depolar. Glikoprotein, lipoprotein, kolesterol sentezler. Kendisi için gerekli proteinleri üretmenin yanında albümin, fibrinojen, protrombin gibi plazma proteinlerini üretir ve kana verir.
- Antikor üreterek bağışıklıkta görev yapar.
- Embriyonik dönemde alyuvar üretir.
- İlaçların, alkol ve zehirli maddelerin toksik etkilerini yok eder.
- Amino asit ve nükleik asit metabolizması sonucu oluşan amonyağı daha az zehirli olan üreye çevirir.
- Katalaz enzimi zehirli hidrojen peroksiti su ve oksijene parçalar.
- Ürettiği eritropoietin hormonu ile kırmızı kemik iliğinde alyuvar yapımında görev alır.

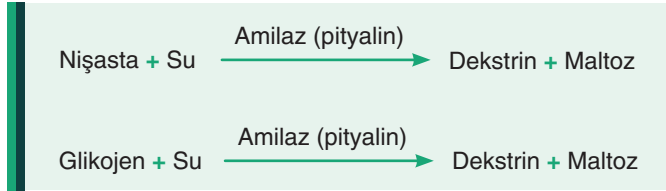


BESİNLERİN SİNDİRİMİ

Karbonhidratların Kimyasal Sindirimi

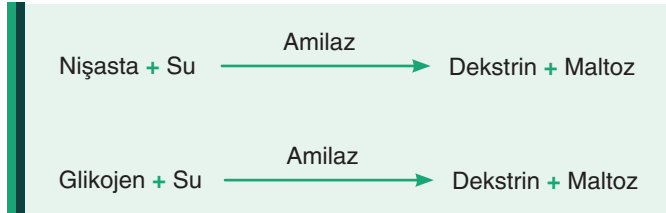
- Karbonhidratlar, hücrelerin öncelikli enerji kaynağıdır.
- Vücuda alınan karbonhidratlar ancak yapı birimleri olan basit şekerlere dönüştürüldüğünde hücre zarından geçebilir.
- Karbonhidratların sindirimi ağızda başlar, ince bağırsakta tamamlanır.
- Karbonhidratlara etki eden amilaz, maltaz, laktaz, sükras, dekstrinaz olarak adlandırılan enzim grubuna **karbonhidraz** denir.

Ağız: Tükürük içindeki **amilaz** (pityalin) enzimi ile nişasta ve glikojen, maltoz ve küçük **polisakkarit**lere (dekstrin) parçalanır.

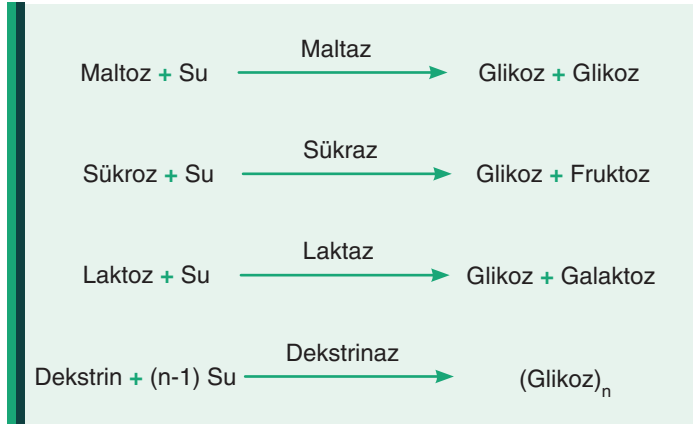


Mide öz suyu asitli olduğundan amilaz enzimi midede etkin değildir. Aynı zamanda mide öz suyunda karbonhidrat sindirimi ile ilgili enzim de bulunmaz. Karbonhidratlar için mide, bir geçiş yeridir. Karbonhidratların sindirimi onikiparmak bağırsağında devam eder.

İnce bağırsak: Besin ince bağırsağa geldiğinde tükürük içindeki amilazdan daha etkili olan pankreas öz suyundaki amilaz, ağızda sindirilemeyen nişasta ve glikojene etki ederek dekstrine ve maltoza dönüştürür.



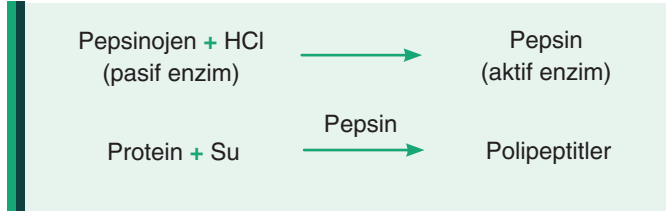
Daha sonra ince bağırsak bezlerinden salgılanan maltaz, sükras, laktaz ve dekstrinaz enzimleri ile basit şekerler oluşturulur. Böylece karbonhidrat sindirimi ince bağırsakta tamamlanır.



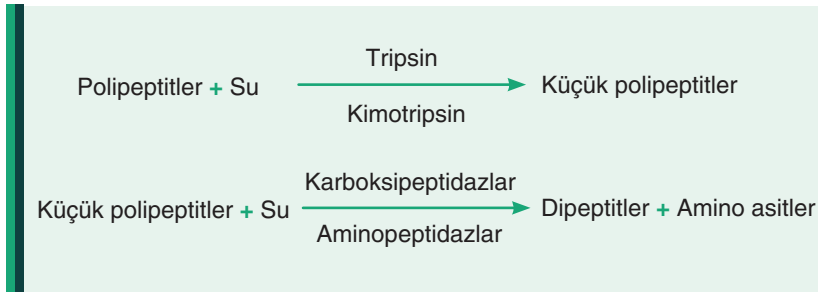
Sindirim sonucu oluşan basit şekerler, ince bağırsak hücreleri tarafından emilir. Bağırsak hücrelerinden kapı toplardamarı ile karaciğere taşınır.

Proteinlerin Kimyasal Sindirimi

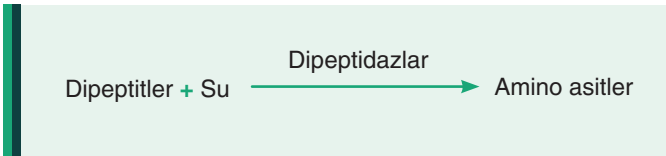
- Proteinlerin sindirimi midede başlar, ince bağırsakta tamamlanır.
- Besinlerin uyarıcı etkisi ile (görme, koklama ve düşünce) vagus siniri, mide bezlerinden gastrin hormonunun salgılanmasına yol açar. Kan dolaşımına katılan gastrin hormonu mide hücrelerini mide öz suyu salgılaması için uyarır. Öz su içinde bulunan HCl, mide bezlerinde üretilen ve inaktif bir enzim olan pepsinojeni aktif bir proteinaz olan pepsin enzimine dönüştürür. Pepsin, peptit bağlarına etki ederek proteinleri polipeptitlere (pepton) ayırır.



- Midede polipeptitlere ayıran proteinlerin sindirimi onikiparmak bağırsağında devam eder.
- İnce bağırsak bezlerinden salgılanan enteropeptidaz (enterokinaz), inaktif durumda olan tripsinojeni aktifleştirir. Aktifleşen tripsin ise pankreas tarafından salgılanan ve inaktif durumda olan protein enzimlerini aktifleştirir. Aktifleşen tripsin ve kimotripsin, büyük polipeptitleri daha küçük polipeptitlere parçalar.
- Karboksipeptidazlar ve bağırsak epitelinden salgılanan aminopeptidazlar ise küçük polipeptitleri dipeptit ve amino asitlere dönüştürür.

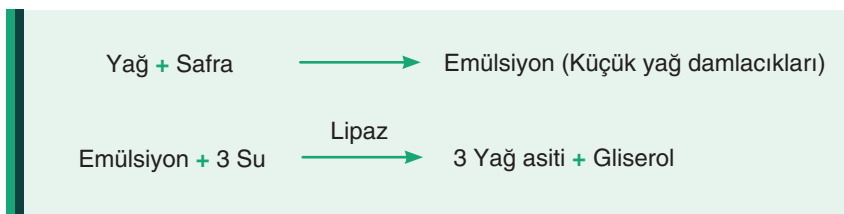


- Bağırsak epitelinden salgılanan dipeptidazlar ise dipeptitleri amino asitlere dönüştürür. Böylece protein sindirimi ince bağırsakta tamamlanmış olur.



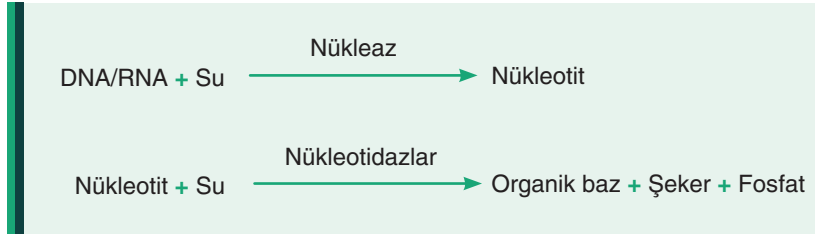
Yağların Kimyasal Sindirimi

- Yağların sindirimi onikiparmak bağırsağında başlar.
- Safra kesesinin kasılması ile burada depolanan safra, onikiparmak bağırsağına boşaltılır.
- Safra, büyük yağ damlacıklarını fiziksel olarak daha küçük parçalara ayırarak çözünmüş çözelti durumuna getirir. Buna **emülsiyon** denir.
- Safra aynı zamanda pankreas öz suyu ile gelen lipaz enziminin etkisini artırır. Lipaz enzimi, emülsiyon hâlindeki yağlara etki ederek onları yağ asitine ve gliserole dönüştürür.



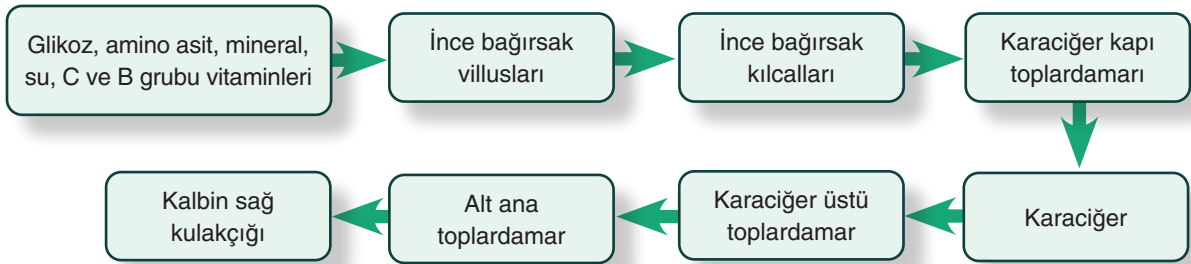
Nükleik Asitlerin Kimyasal Sindirimi

- Nükleik asitlerin kimyasal sindirimi ince bağırsakta gerçekleşir.
- Pankreastan onikiparmak bağırsağına salgılanan sıvı içindeki nükleazların etkinliği ile nükleik asitler nükleotitlere parçalanır.
- İnce bağırsak tarafından üretilen **nükleotidaz**, **nükleozidaz** ve **fosfataz** enzimleri de nükleotitleri azotlu organik bazlara, pentozlara ve fosfatlara parçalar.

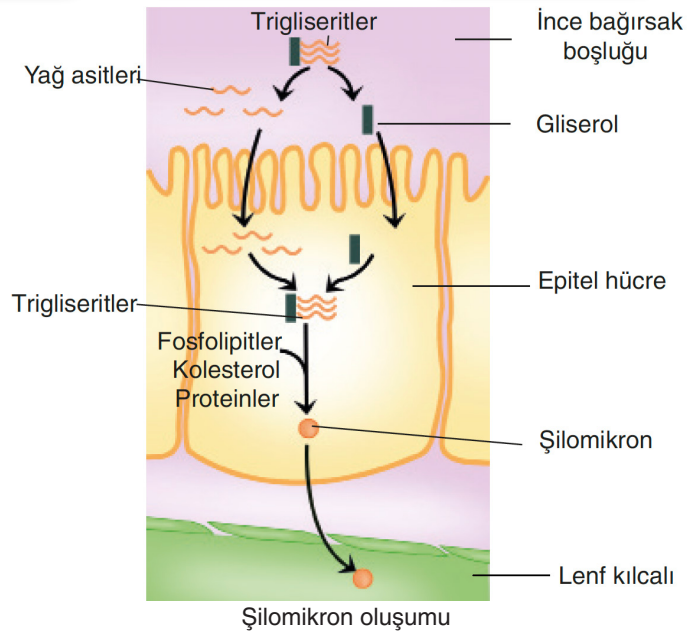


BESİNLERİN EMİLİMİ

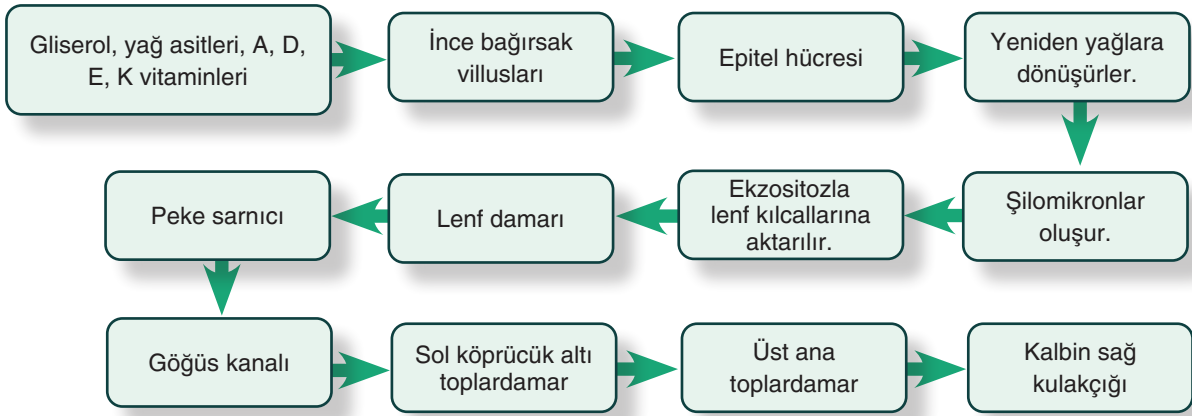
- Beslenme yoluyla aldığımız monomer besinler, vitaminler ve mineraller; ağız, mide, ince bağırsak ve kalın bağırsakta emilerek dolaşım sistemine verilir.
- Sindirimi tamamlanmış besinlerin emilimi ince bağırsakta bağırsak epitelinden **aktif** ya da **pasif taşımayla** gerçekleştirilir. Örneğin bağırsak boşluğundan epitel hücrelere fruktoz, amino asitler, vitaminler ve glikoz kolaylaştırılmış difüzyon ile geçebilirken amino asitler ve glikozun çoğu aktif de taşınabilir. Buradan da kılcal kan damarına geçer.



- Besin maddeleri bakımından zengin kanı villuslardan uzaklaştıran kılcal damarlar, karaciğere doğrudan giden kapı toplardamarında birleşir. Sonra kan karaciğerden kalbe, kalpten de diğer doku ve organlara iletilir. Bağırsaklardan toplanan kanın karaciğerde buluşmasının bazı avantajları vardır. Örneğin kan, dolaşımın tüm vücuda yayılmadan önce karaciğer tarafından besin içeriğindeki toksik maddeler etkisiz hâle getirilir. Kandaki fazla glikoz karaciğerde glikojen olarak depolanır.
- Yağların sindirilmesiyle oluşan ürünlerin emilimi ve taşınması farklı bir yol izler. İnce bağırsakta lipaz aracılığıyla parçalanan yağlar, yağ asitlerine ve gliserole dönüştürülür. Bu ürünler, epitel hücreleri tarafından emilir ve yeniden trigliserit oluşturulur. Ardından trigliserit, fosfolipit, kolesterol ve proteinle kaplanarak **şilomikron** denilen suda çözünebilir kürecikleri oluştururlar.



Bağırsaktan çıkan şilomikronlar, lenf kılcalılarına aktarılır. Lenf kılcalılarındaki şilomikronları içeren lenf sıvısı, lenfatik sistemin daha büyük damarlarına geçer ve sonunda kanı kalbe götüren büyük toplardamara dökülür.



Gliserol, yağ asitleri ve A, D, E, K vitaminlerinin ince bağırsak villuslarında emilimi ve lenf damarlarına karışma yolu

SİNDİRİM SİSTEMİ RAHATSIZLIKLARI VE SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

Sindirim Sistemi Rahatsızlıkları

Yemek yeme alışkanlıkları, besinlerin yeterince temiz olmaması, bazı gıdaların fazla tüketilmesi, yaşam tarzı vb. faktörler bazı sindirim rahatsızlıklarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Reflü, gastrit, ülser, hemoroid, kabızlık ve ishal sindirim sistemi rahatsızlıklarına örnek verilebilir.

Reflü

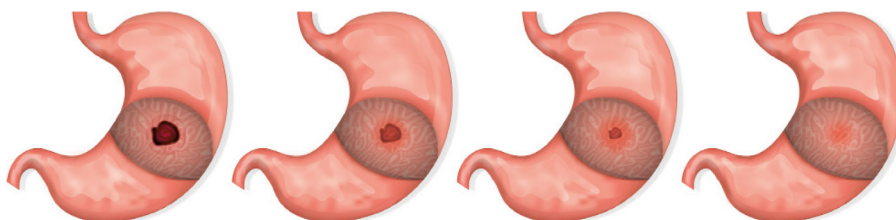
- Mide ile yemek borusu arasında gıdaların geçişine izin veren ama geri kaçmasını önleyen bir sfinkter mekanizması bulunur. Buradaki sfinkterin yeterince kapanmaması mide içeriğinin yemek borusuna geri kaçmasına yol açar. Bu duruma **reflü** denir.
- Mide içeriğindeki asit, yemek borusu duvarını tahriş eder ve midede yanma hissine neden olabilir. Alkollü içecek tüketmek ve tütün mamulleri kullanmak sfinkterin gevşemesine neden olarak sorunu daha da kötüleştirebilir.
- Kahve, çikolata, domates, yağlı gıdalar, portakal suyu, asitli içecekler, nane, soğan gibi gıdalar genellikle mide asidi salgısını güçlü bir şekilde uyarır. Reflü rahatsızlığı olan kişiler hem bu tür gıdaları tüketmekten kaçınarak hem de yemekten hemen sonra yatmayarak rahatsızlıklarını kontrol altına alabilir.

Gastrit

- Mideyi asidik etkilerden koruyan mukoza tabakasındaki özelleşmiş hücreler, mide iç yüzeyini kaplayan akışkan bir mukus üretir.
- Mide iç duvarını kaplayan mukozanın iltihaplanması durumuna **gastrit** denir.
- Mide mukozasının zarar görmesi daha fazla mide asidi üretimine de neden olabilir.
- Fazla asit üretiminin yanında düzensiz ve kötü beslenmek, çok sık ağrı kesici kullanmak, aşırı alkollü içecek tüketmek ve tütün mamulleri kullanmak, stres ve bakteri enfeksiyonları da mide mukozasına zarar verir.
- Gastrit sıklıkla karın ağrısı, mide bulantısı, midede ekşime gibi belirtilerle kendini gösterir.

Ülser

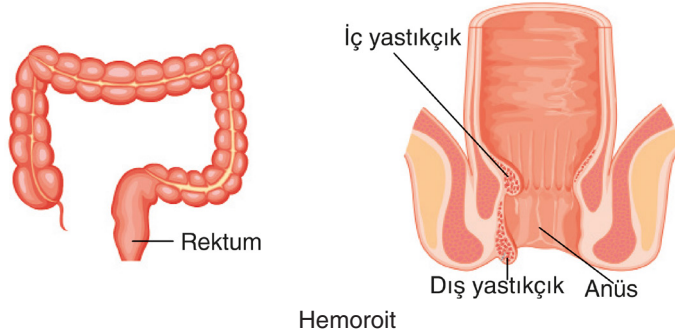
- Mide sıvılarının etkisi sonucu mide mukozasının tahrip olmasıyla oluşan yaraya **ülser** denir.
- Ülser, onikiparmak bağırsağı ve yemek borusunda da oluşabilir.
- Gastrite neden olan etmenler ülser de neden olabilir. Ülserin oluşması için asidik koşulların yanında en büyük etken *Helicobacter pylori* (*Helikobakter pilori*) bakterisidir.
- Aside dirençli olan bu bakteri, mukoza tabakasına yerleşir ve dokuyu tahrip eder. Özellikle onikiparmak bağırsağı ülserlerinin neredeyse tamamında *H. pylori*'ye rastlanmıştır.



Midedeki ülserin iyileşme süreci

Hemoroit

- Anüs bölgesindeki toplardamarlara baskı uygulanması sonucu **hemoroit** (basur) gelişir.
- Dışkılama sırasında ıkınma, kronik ishal ya da kabızlık, aşırı kilo ve obezite, gebelik gibi durumlarda oluşan baskı sonucu toplardamarlar genişler.
- Baskı devam ederse şişkin damardan kan sızabilir ya da bölgede pıhtı oluşabilir.
- Kanama veya kaşıntı genellikle hemoroitin ilk belirtileridir. Hemoroitten korunmak için yüksek lifli diyetlerle beslenerek kabızlıktan kaçınmak gerekir.



Kabızlık

Her insanın kendine özgü bir dışkılama sıklığı vardır. Genellikle bağırsak hareketliliğinin azalmasından kaynaklı dışkılama sıklığında da azalma durumu görülür. Seyrek veya zor dışkılama kabızlık sorunu olarak ifade edilir.

- Dışkı kolonda uzun süre kaldığı için aşırı su emiliminden dolayı kuru ve sert hâle gelir.
- Dışkılamayı geciktirme alışkanlığı, kolon spazmları, yeterli miktarda su tüketmeme, beslenme alışkanlıklarının ve diyetin değiştirilmesi, lifli gıdaların yeterli tüketilmemesi kabızlığa neden olabilir.
- Başta meyveler olmak üzere lifli gıdaların tüketilmesi ve günlük ihtiyaç duyulan su miktarının alınması kabızlığı önler.
- Sabahları aç karnına kuru kayısı, incir, kabuklu elma gibi yiyecekler yemek ve bu yiyeceklerden sonra ılık su içmek bağırsak hareketlerini kolaylaştırır.

İshal

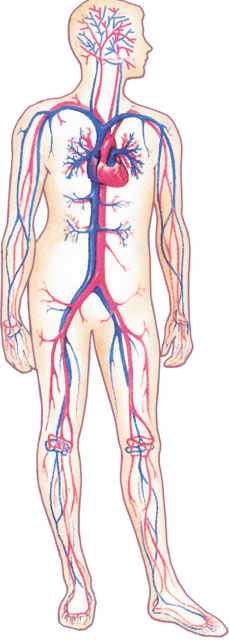
İshal, kabızlığın aksine artan bağırsak hareketliliğinin neden olduğu sulu dışkılamadır.

- Bağırsak hareketliliğinin artmasına bağlı olarak bağırsaklarda emilim azalır, dışkının hacmi ve sıvı içeriği artar.
- İshal su kaybının yanında elektrolit dengesizliğine de yol açar.
- Stres, laktoz intoleransı, çeşitli mikroorganizmalar ve virüsler ishale yol açabilir.
- Kaybedilen sıvı miktarı ve elektrolitler tamamlanmalı, lifli diyet uygulanmalı ve doktorun önerileri doğrultusunda tedavi edilmelidir.

Sindirim Sisteminin Sağlıklı Yapısının Korunması

- Lifli besinlerin tüketimi artırılarak düzenli ve dengeli beslenilmelidir.
- Aşırı yağlı yemeklerden, kafeinli ve asitli içeceklerden uzak durulmalıdır.
- Et ve süt ürünleri çiğ olarak tüketilmemelidir.
- Yenilen besinlerin çok sıcak veya soğuk olmamasına dikkat edilmelidir.
- Stresten uzaklaştıracak hobiler edinilmelidir.
- Yiyecekler, yavaş ve uzun süre çiğnenmelidir.
- Sindirim sisteminin düzenli çalışmasının devamını sağlamak için düzenli egzersiz yapılmalı ve bol su içilmelidir.

DOLAŞIM SİSTEMİNİN GENEL YAPISI VE GÖREVLERİ



Her organizma çevresiyle madde alışverişi yapmak zorundadır. İnsan vücudunda da her hücre yaşamını sürdürebilmesi için madde alışverişine ihtiyaç duyar. Bu durumda oluşacak aksaklıklar ciddi sorunlara yol açabilir. Örneğin beyin, kalp gibi organlar birkaç dakika oksijensiz kaldığında bu organlardaki bazı hücreler ölür.

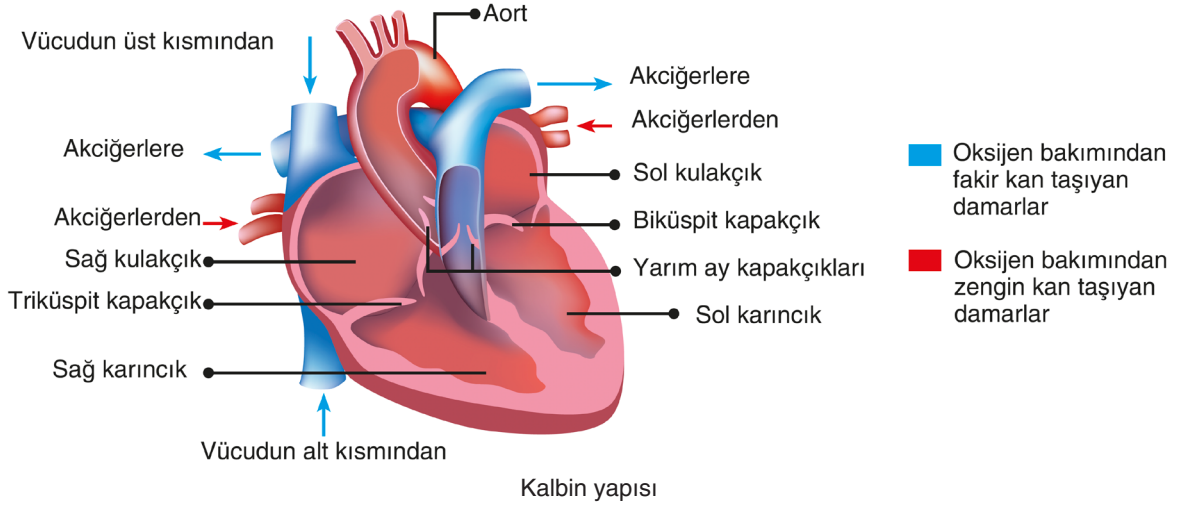
Hücrelere ihtiyaç duyduğu besin maddeleri ve oksijeni ulaştıran, hücre dışına atılan maddeleri boşaltım organlarına taşıyan, vücudun savunmasında görev alan sistem **dolaşım sistemi**dir.

Doku ve organlara maddelerin taşınması **kan dolaşım sistemi** sayesinde gerçekleşir. Doku ve organlarda oluşan atıkların ve sindirim ürünlerinin bir kısmının kan dolaşımına aktarılması ise **lenf dolaşım sistemi** sayesinde olur.

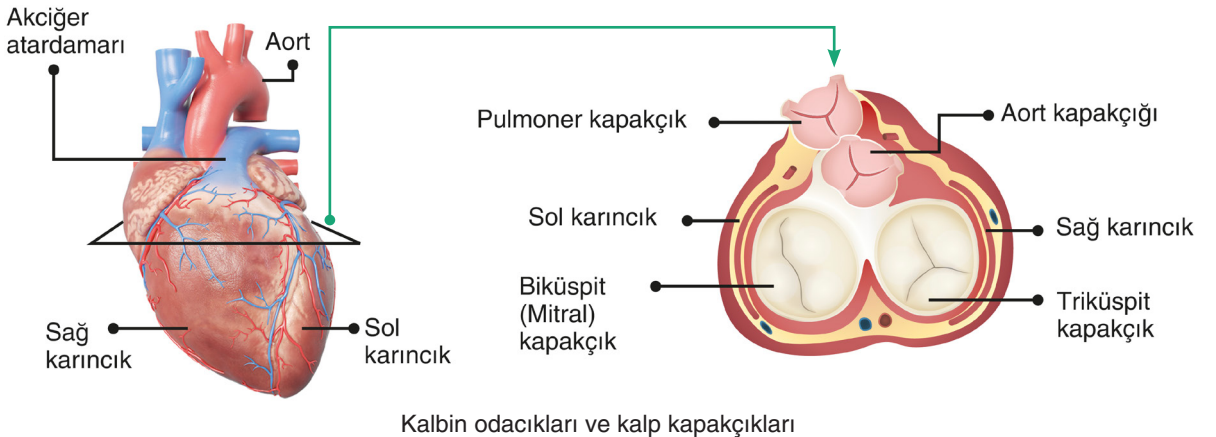
KALBİN YAPISI

- Kalp, yaklaşık olarak her insanın kendi yumruğu büyüklüğündedir.
- Kalp; göğüs kemiğinin (sternum) hemen arkasında ve iki akciğerin arasında yer alan, büyük çoğunluğu kas olan bir organdır.
- Dıştan içe doğru **perikart**, **miyokart** ve **endokart** olmak üzere üç tabakadan oluşur.
 - ⇒ **Perikart** kalbi ve kalbe bağlı damarların köklerini çevreleyen ve **koni şeklinde bağ dokudan** oluşmuş koruyucu bir kesedir. Çift katlı bu kesenin zarları arasında perikardiyal sıvı bulunur.
 - ⇒ **Miyokart** kalbin kas olan tabakasıdır. Kalp kası **istemsiz** kasılarak kanı odacıklarda sıkıştıran pompa görevi görür.
 - ⇒ **Endokart** ince tabaka hâlinde kalp boşluğunu saran **kan damarı içermeyen** kısımdır.
- Kalpte **iki kulakçık** (atrium) ve **iki karıncık** (ventrikül) olmak üzere dört odacık bulunur.
 - ⇒ Kulakçıklar, akciğerlerden ve diğer dokulardan kalbe geri dönen kanın toplandığı odacıklardır.
 - ⇒ Karıncıklar, kanı akciğerlere ve diğer dokulara gönderen odacıklardır.
- **Kalbin sağ** tarafındaki odacıklarda (sağ kulakçık ve sağ karıncık) **oksijen** bakımından **fakir**, **karbondioksit** bakımından **zengin** kan bulunur.
- **Kalbin sol** tarafındaki odacıklarda (sol kulakçık ve sol karıncık) ise **oksijen** bakımından **zengin**, **karbondioksit** bakımından **fakir** kan bulunur.
- Kulakçıklar ile karıncıklar arasında kulakçıklardan karıncıklara geçen kanın geri dönmesini engelleyen ve tek yönlü açılıp kapanan kapakçıklar bulunur. Bağ dokudan yapılmış bu kapakçıklara **atrioventriküler (AV) kapakçıklar** denir.
- Karıncıklar kasıldığı zaman oluşan basınç, AV kapakçıklarının kapanmasını sağlayarak kanın kulakçıklara dönmesini engeller.

- Sağ karıncık ile sağ kulakçık arasında bulunan atrioventriküler kapakçığa **triküspit kapakçık** (üçlü kapakçık) denir.
- Sol karıncık ile sol kulakçık arasında bulunan atrioventriküler kapakçığa ise **biküspit kapakçık** (ikili kapakçık ya da mitral kapakçık) denir.



- Karıncıklar ile kalpten çıkan büyük arterler (atardamarlar) arasında tek yönlü açılarak kanın karıncıklara geri dönmesini engelleyen **yarım ay (semilunar) kapakçıkları** bulunur.
- Aortun sol karıncığa bağlandığı yer **aort kapakçığı**dır.
- Akciğer atardamarının sağ karıncığa bağlandığı yer ise **pulmoner kapakçık** olarak adlandırılır.



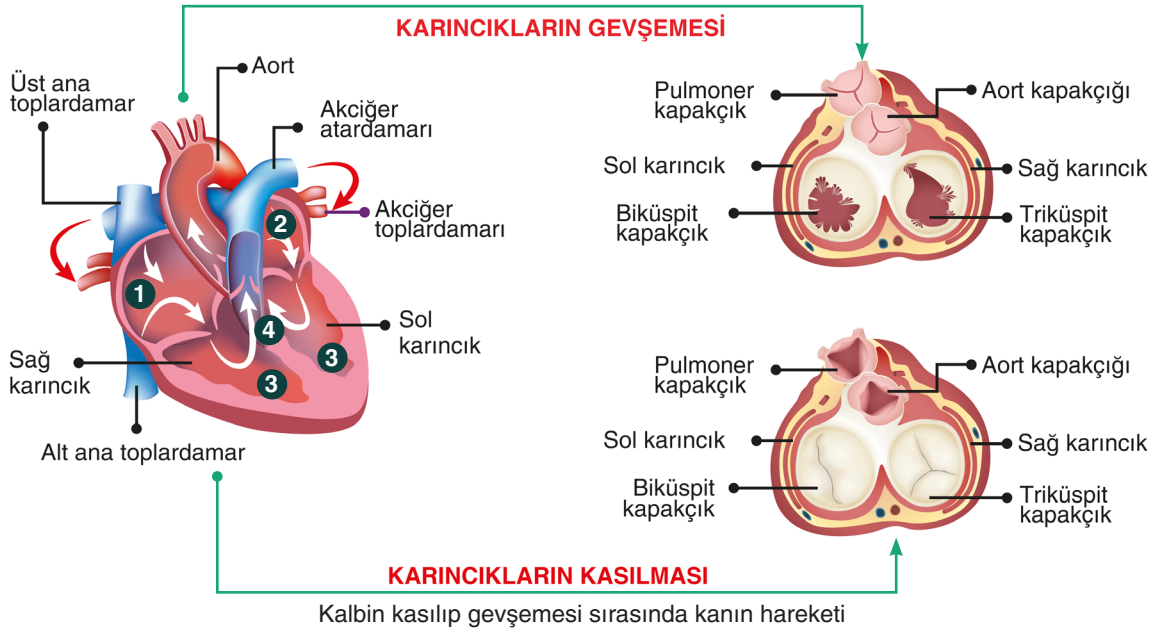
KANIN KALPTEKİ HAREKETİ

Kanın Kalpteki Hareketi ve Kalp Döngüsü

- Kalp kası belirli bir ritimde kasılıp gevşer.
- Kalbin iki kulakçığının kasılmasını iki karıncığının kasılması izler. Kasılmayı da gevşeme takip eder. Kalbin kasılması **sistol**, gevşemesi ise **diyastol** olarak isimlendirilir.

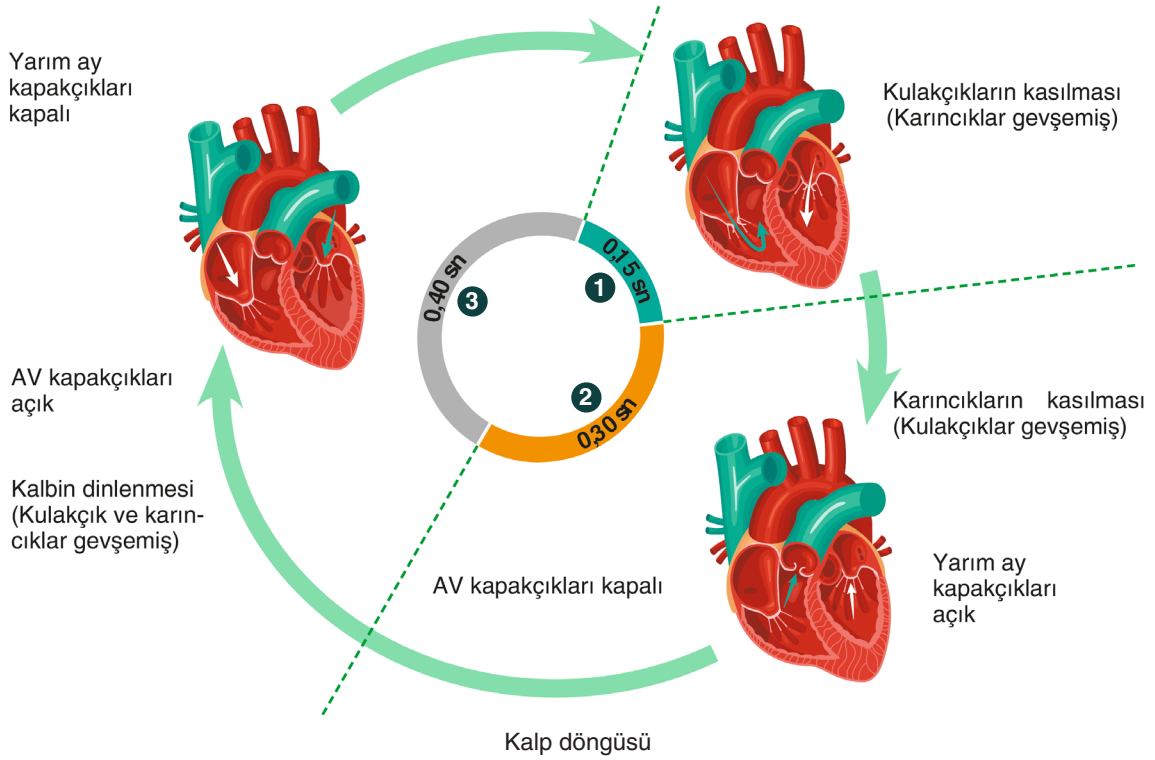
Kalbin kasılıp gevşemesi sırasında kanın hareketi dört aşamada gerçekleşir:

- 1 Kalbin sağ kulakçığı üst ana toplardamar, alt ana toplardamar ve kalbin kendi toplardamarlarından gelen oksijen bakımından fakir olan kan ile dolar.
- 2 Akciğerlerde gaz alışverişi olduktan sonra oksijen bakımından zenginleşen kan ise akciğer toplardamarlarıyla kalbin sol kulakçığına gelir.
- 3 Kulakçıklara gelen kanın büyük bölümü tüm odacıklar gevşemiş durumdayken pasif olarak karıncıklara dolar. Kalan kısım ise karıncıklar kasılmaya başlamadan önce kulakçıkların kasılmasıyla karıncıklara geçer.
- 4 Karıncıkların kasılmasıyla AV kapakçıkları kapanır. Oksijen bakımından fakir kan akciğer atardamarına, oksijen bakımından zengin kan ise aort atardamarına geçer.



- Kalp kapakçıklarının kapanması stetoskop yardımıyla duyulabilir. Bu sesler “lup-dup” şeklindedir.
- AV kapakçıklarının kapanması sırasında “lup”, aort ve pulmoner kapakçıkların kapanması sırasında ise “dup” sesi duyulur.
- Kalbin birbirini izleyen kasılma ve gevşeme olayına **kalp döngüsü** denir. Kalp döngüsü yaklaşık 0,85 saniye sürer. Bu süre üç aşamada tamamlanır.

- 1 Kulakçıkların kasılması 0,15 saniyedir.
- 2 Karıncıkların kasılması 0,30 saniyedir.
- 3 Kalbin dinlenmesi ise 0,40 saniyedir.

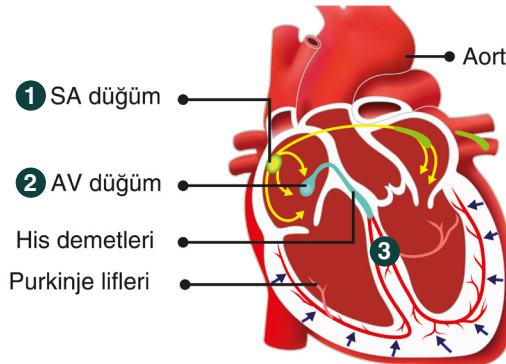


- Kalbin kasılma sayısı (atış sayısı) ve her bir kasılmada bir karıncığın pompaladığı kan miktarı (atış hacmi) kalp debisini belirler.
- İnsan kalbi dinlenme sırasında dakikada ortalama 60-70 kez atar. Her atışta vücuda 70 mL kan gönderir.

Birim zamanda kalpten geçen kan miktarı olarak adlandırılan kalp debisi dinlenme hâlinde yaklaşık 5 litre/dakikadır. Bu, insanın vücudundaki toplam kanın yaklaşık bir dakika içinde kalpten geçtiği anlamına gelir.

KALP RİTMİNİN KONTROLÜ

- Kalp kası, iskelet kasından farklı olarak sinir sisteminden uyarı almadan aksiyon potansiyellerini başlatabilir ve ritmik ve devamlı olarak kasılıp gevşeyebilir. Kalp kasında bunu sağlayan yapı üst ana toplardamarın kalbe girdiği yerin yakınında bulunan **sinoatriyal düğüm** (SA) olarak adlandırılan hücre grubudur.
- Sinoatriyal düğüm kalp kasının kasılma hız ve zamanını belirler. Bu hücrelerin oluşturduğu aksiyon potansiyelleri komşu hücreleri kasılması için uyarır.



Kalpte impuls oluşumu ve iletimi

Kalpte impuls oluşumu ve iletimi üç aşamada gerçekleşir:

- ❶ SA düğümünden çıkan uyarılar önce kulakçıkların duvarlarına yayılır ve her ikisinin de aynı anda kasılmasına yol açar.
 - ❷ Uyarılar sağ ve sol kulakçıklar arasındaki duvarda yer alan atrioventriküler düğüm (AV) adı verilen bir aktarım noktasına ulaşır.
 - ❸ AV'de impulsalar kalbin uç noktasına yayılmadan önce 0,1 saniye kadar geciktirilir. Bu gecikme karıncıklar kasılmadan önce kulakçıklardaki kanın karıncıklara aktarılmasını sağlar. AV düğümünden çıkan uyarılar his demetlerine ve karıncık duvarları boyunca yayılan Purkinje liflerine iletilir.
- His demetleri ve Purkinje lifleri özelleşmiş kas lifleridir. Uyarılar bu sayede tüm karıncığa yayılır. Karıncıklar kasılır ve kan atardamarlara aktarılır.
 - SA düğümü etkileyerek kalbin çalışma hızını değiştiren bazı durumlar vardır. Örneğin kanda CO₂ oranındaki artış kan pH'sini düşürür. Bu durumda kalp atışı hızlanır. Kafein, tein, nikotin gibi bazı kimyasallar da kalp atış hızını artırır.
 - Vücut sıcaklığındaki artış kalbin çalışmasını hızlandıran diğer bir etkidir. Adrenalin, noradrenalin, tiroksin hormonları kalbin çalışmasını hızlandırırken vagus sinirinden salgılanan asetilkolin yavaşlatır.

Kalbin Çalışmasına Etki Eden Faktörler

Kalbin çalışması ve atım sayısı, bazı faktörler tarafından düzenlenerek kalbin değişen çevre koşullarına uyum göstermesi sağlanır. Bu faktörlerden bazıları kalp atışlarını hızlandırırken bazıları yavaşlatır.

- Kalp atım hızını otonom sinirlerden olan vagus sinirinden salgılanan asetilkolin hormonu, vücut sıcaklığının düşmesi, hücreler arasında aşırı miktarda potasyumun bulunması ve kalsiyum eksikliği gibi nedenler azaltır.
- Kafein ve tein gibi bazı kimyasal maddeler, adrenalin ve tiroksin hormonları, kandaki CO₂ yoğunluğu ise kalp atım hızını artırır.
- Otonom sinirlerden salgılanan noradrenalin ile kalbin çalışması hızlanır.
- Kişi aşırı kan kaybettiğinde kalp, otonom sinirlerle uyarılır. Bu uyarı sayesinde kalp atım hızı dakikada 150-180 atıma kadar artabilir.

KANIN VÜCUTTAKİ DOLAŞIMI

Kanın vücuttaki **dolaşımı küçük kan dolaşımı** (pulmoner dolaşım) ve **büyük kan dolaşımı** (sistemik dolaşım) olmak üzere iki şekilde gerçekleşir.

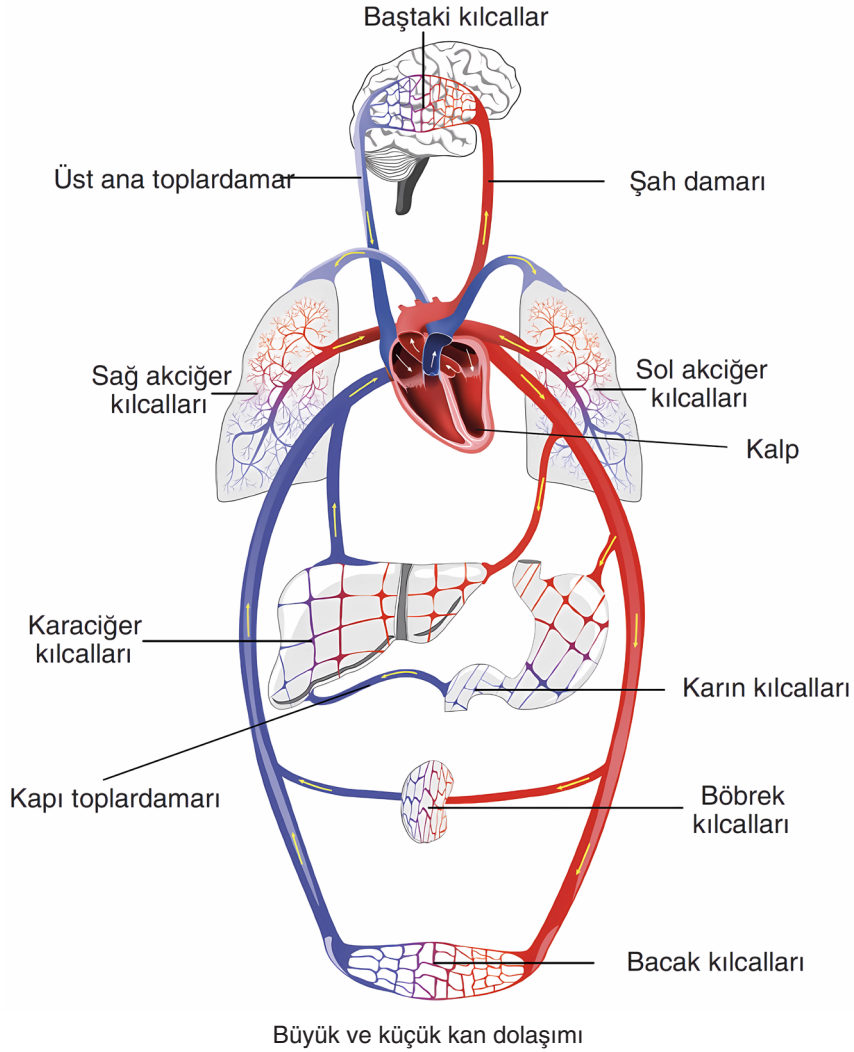
Küçük Kan Dolaşımı (Pulmoner Dolaşım)

- Pulmoner dolaşım kalp ile akciğerler arasındaki kan dolaşımıdır.
- Sağ karıncığın kasılmasıyla başlar.
- Karbondioksidi çok olan kan, sağ karıncıktan akciğer atardamarı aracılığıyla akciğerlere gönderilir.
- Akciğerlerde bulunan alveoller ile alveoller çevreleyen kılcal damarlardaki kan arasında madde alışverişi gerçekleşir. Alveollerdeki oksijen kana geçerken kandaki karbondioksit alveollere geçer.
- Oksijen bakımından zenginleşen kan, akciğer toplardamarları aracılığıyla kalbin sol kulakçığına gelir.

Büyük Kan Dolaşımı (Sistemik Dolaşım)

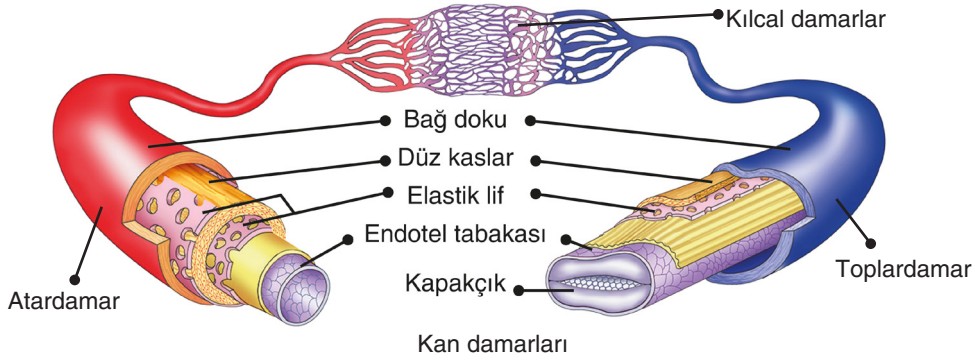
- Sistemik dolaşım oksijen bakımından zengin olan kanın kalp ve atardamarlar aracılığıyla vücut hücrelerine ulaştırılması, vücut hücrelerinin ürettiği karbondioksitin toplardamarlar aracılığıyla kalbe getirilmesi sürecidir.
- Sistemik dolaşım sol karıncığın kasılmasıyla başlar.

- Kan, sol karıncıktan aorta geçerek aorttan ayrılan kollarla vücuttaki doku ve organlara madde taşır.
- Doku kılcallarında kan ile hücreler arasında madde alışverişi gerçekleştikten sonra kan, doku ve organlardaki toplardamlara geçer. Bu toplardamlar ana toplardamlarla bağlantılıdır.
- Vücudun alt bölgesindeki dokulardan toplanan kan, alt ana toplardamar ile vücudun üst bölgesindeki dokulardan toplanan kan ise üst ana toplardamar ile kalbin sağ kulakçığına getirilir.



KAN DAMARLARI

Kan, vücutta damarlardan oluşmuş kapalı bir sistem içerisinde hareket eder. Bu sayede kan içerisinde bulunan maddeler hücrelere ulaşabilirken aynı şekilde hücrelerden atılan maddeler de kanla ortamdan uzaklaştırılabilir. Dolaşım sisteminde **atardamar**, **kılcal damar** ve **toplardamar** olmak üzere üç çeşit damar bulunur.



Atardamarlar

- Atardamarlar, kalbin karıncıklarında bulunan kanı ilgili organlara taşıyan damarlardır.
- Akciğer atardamarı hariç diğer atardamarlarda oksijen bakımından zengin olan kan bulunur.
- Atardamarlarda endotel tabakasının üzerinde en dışta elastik lifler içeren bağ doku tabakası vardır.
- Ortada düz kaslar ve elastik lif içeren tabaka bulunur.
- Atardamarların duvarları, kanın yüksek basıncına dayanacak şekilde kalın ve güçlüdür.
- Karıncıkların kasılmasıyla atardamarlarda oluşan basınç, atardamarların düz kaslarının kasılıp gevşemesi ve elastik liflerle esneyip eski hâllerine gelmeleri sayesinde kılcallara kadar korunmaktadır.
- Sinir sistemi ve hormonlar sayesinde atardamarların düz kaslarının kasılıp gevşemesi düzenlenerek kan akışı kontrol altında tutulur.

Kılcal Damarlar

- Kılcal damarlar, atardamarlar ve toplardamarlar arasında bulunur.
- Kılcal damarlarda tek katlı yassı epitel hücrelerinden oluşmuş endotel tabaka bulunur.
- Kılcal damarlar endotel tabaka tarafından oluşturulmuş çok ince bir duvara sahiptir.
- Kılcal damar duvarları atardamarlar ve toplardamarların duvarlarına göre daha incedir.
- Kan ile doku sıvısı arasındaki madde alışverişleri kılcal damarlar sayesinde olur.

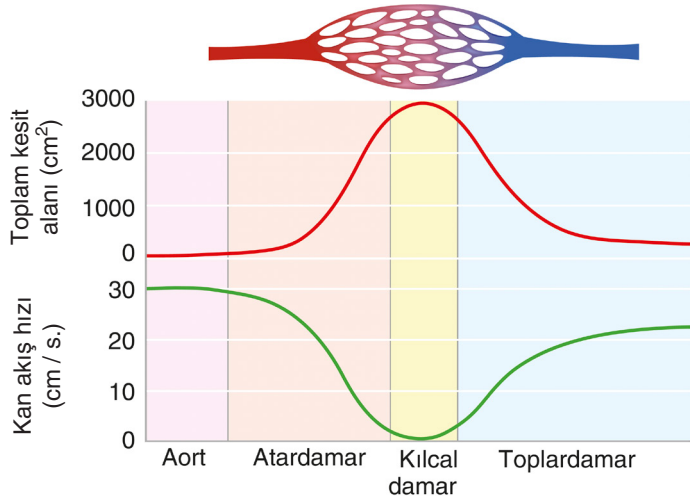
Toplardamarlar

- Toplardamarlar kanı kalbe getiren damarlardır.
- Akciğer toplardamarı hariç toplardamarlarda ise karbondioksit bakımından zengin kan bulunur.
- Endotel tabakasının üzeri ortada düz kas ve dışta bağ doku ile kaplıdır.
- Toplardamarlar düşük basınçlı kanın kalbe geri getirilmesinden sorumlu oldukları için duvarları atardamarlara göre üç kat daha incedir.
- Toplardamarların çapı atardamarların çaplarından daha büyüktür ve toplardamarların duvarları atardamarlardan daha fazla genişleyebilir. Bu yüzden toplardamarlarda daha fazla oranda kan bulunur.

- Kalbe göre daha üst konumda bulunan toplardamarlarda kanın kalbe geri dönmesinde yer çekimi kuvvetinin olumlu yönde bir etkisi varken kalbe göre daha altta kalan toplardamarlar için yer çekimi olumsuz bir etki oluşturur. Buna karşın toplardamarların yapısında bulunan düz kasların ve iskeleti saran kasların kasılıp gevşemesi toplardamarlardaki kanın hareketini kolaylaştırır. Ayrıca toplardamarlardaki tek yönlü açılan kapakçıklar kanın kalbe doğru tek yönde akmasını sağlar.

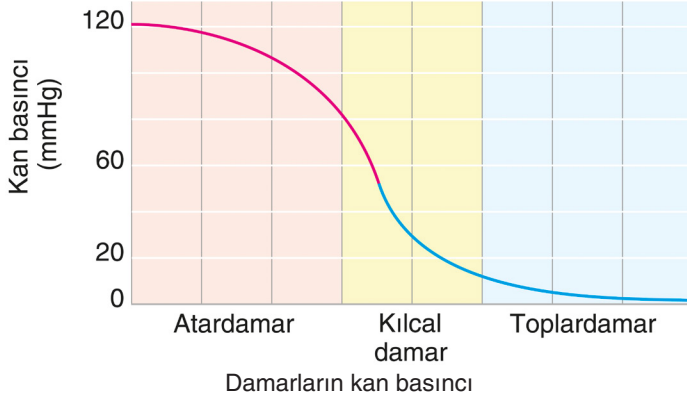
Damarların Kesit Alanı ve Kanın Akış Hızı

Kan, arterlerden arteriyollere (büyük atardamarlardan daha küçük atardamarlara) oradan da kılcal damarlara geçer. Kılcal damarların geniş bir yüzeye dağılım göstermesi kılcalların toplam kesit alanının atardamarın toplam kesit alanından çok daha fazla olması anlamına gelir. Bunun sonucu olarak kan, kılcallara geçtiği zaman oldukça yavaşlar. Bu durum, kılcal damarlar ile doku sıvısı arasındaki madde alışverişini oldukça kolaylaştırır. Kan daha sonra kılcal damarlara göre toplam kesit alanı daha küçük olan toplardamara geçerek hızlanır.



Kan damarlarının toplam kesit alanı ve kan akış hızı

Damarlarda Kan Basıncı



Kalp karıncıklarının duvarları kulakçıklara göre daha kalındır. Bu yüzden atardamarlardaki kan basıncı daha fazladır. Özellikle sol karıncık, kulakçıklara oranla daha güçlü kasıldığından kan basıncının en yüksek olduğu damar aorttur. Doku kılcal damarlarında kan basıncı kısmen düşse de toplardamarlardaki kan basıncından daha yüksektir. Kalbin kasılıp gevşemesi sırasında atardamarlarda oluşan basınca **tansiyon** denir. Kalp kasıldığında atardamarlardaki kan basıncına **sistolik basınç** (büyük tansiyon) denir. Karıncıkların gevşemesi sonucu atardamarlarda basınç düşer. Bu basınca da **diyastolik basınç** (küçük tansiyon) denir. Kalbin her atışında atardamarlarda basınçtan

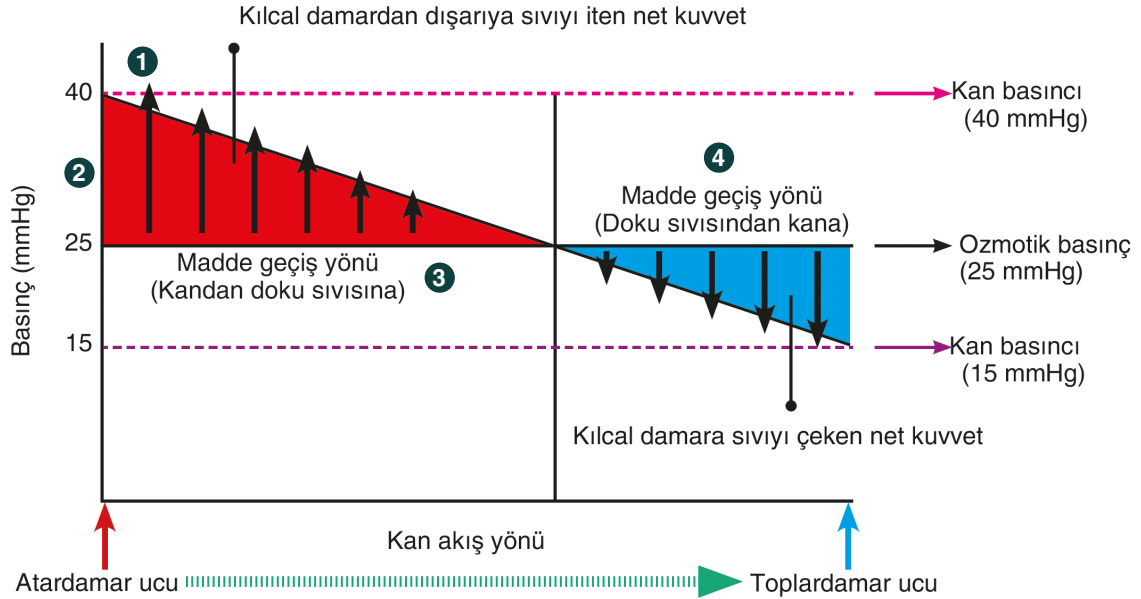
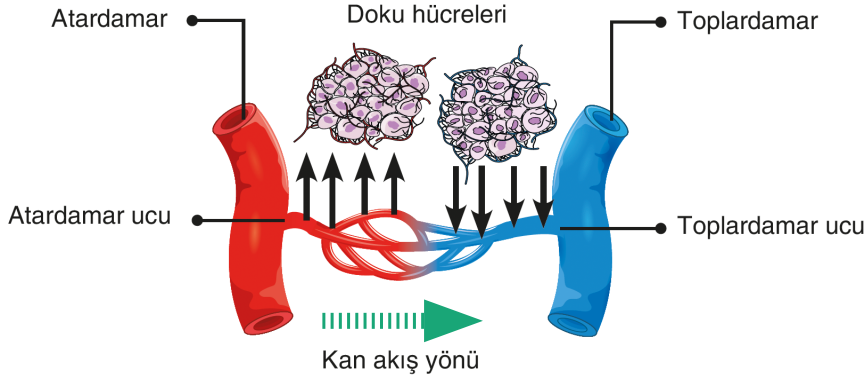
dolayı oluşan gerilim ve ritmik genişlemeler **nabız** olarak ifade edilir. Kan basıncı genellikle kalple aynı hızda olan bir koldan tansiyon aleti (sfigmomanometre) aracılığıyla ölçülür. Dinlenme hâlindeki sağlıklı bir yetişkin bireyde sistolde kan basıncı ortalama 120 mmHg iken diyastol durumunda kan basıncı ortalama 70 mmHg'dir.

KILCAL DAMARLAR VE DOKU SIVISI ARASINDAKİ MADDE ALIŞVERİŞİ

- Kan ile doku sıvısı arasındaki madde alışverişisi kılcal damarlar aracılığıyla olur.
- Kılcal damarlar O_2 , CO_2 , glikoz, tuz gibi bazı küçük moleküllere geçirgendir. Ancak kan proteinleri gibi büyük moleküllere geçirgen olmadığı için bu moleküller genellikle kan içerisinde kalır. Kan içerisinde kalan bu proteinler kanın ozmotik basıncının oluşmasında önemli rol üstlenir.
- E. H. Starling (*Starling*) kılcal damarlar ve doku sıvısı arasındaki madde alışverişinin birbirine zıt olan iki etken tarafından kontrol edildiğini öne sürmüştür. Bu zıt etkenlere (kan basıncı ve ozmotik basınç) **Starling kuvvetleri** denir.
- Kan basıncı kılcal damar çeperlerindeki mikro açıklıklardan geçebilecek büyüklükteki maddelerin (su ve çözünmüş maddeler) kandan doku sıvısına geçmesini sağlarken kan proteinleri sayesinde oluşan ozmotik basınç ise maddeleri kan içerisine çeker.

⇒ **Kılcal damarlar ve doku sıvısı arasındaki madde alışveriş sırası:**

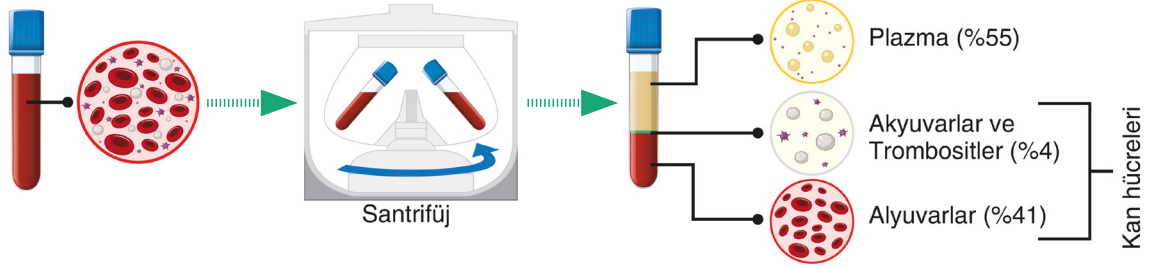
- 1 Kan basıncı kılcal damarların atardamar ucunda yüksektir ve kılcal damarların toplardamar ucuna doğru gidildikçe kan basıncı düşer.
- 2 Ozmotik basıncı oluşturan proteinler kılcal damardan çıkamayacağı için ozmotik basınç kılcal damarlarda sabittir.
- 3 Kan basıncı ozmotik basınçtan yüksek olduğu zaman kan içerisindeki su ve çözülmüş maddeler kılcal damardan çıkar.
- 4 Ozmotik basınç kan basıncından yüksek olduğu zaman ise su ve çözülmüş maddeler kana geri döner. Ancak Starling hipotezine göre kılcal damardan çıkan sıvı miktarı kılcal damara geri dönen sıvı miktarından biraz daha fazladır. Kılcal damarlar tarafından kaybedilen bu sıvı lenf "sistemi" ile kana karışır.



KAN DOKU

Kan Dokunun Genel Yapısı ve Görevleri

- Kan, kan plazması ve plazmada bulunan kan hücrelerinden oluşan bağ dokudur.
- Kan; içerisinde bulunan besin maddelerini, solunum gazlarını, suyu, iyonları, tuzları, mineralleri, hormonları, kan hücrelerini ve metabolik atıkları ilgili yerlere taşır.
- Vücudun su, elektrolit ve pH dengesinin sağlanmasında etkilidir.
- İnsan kanının pH'si 7,4'tür.
- Kan doku, içerdiği pıhtılaşma mekanizmalarıyla hasar gören damardan kan kaybının önlenmesini sağlar.
- Mikroorganizma ve hastalıklara karşı vücudun savunulmasında etkilidir.
- Kanın yaklaşık %55'i plazma, %45'i ise kan hücrelerinden oluşur.

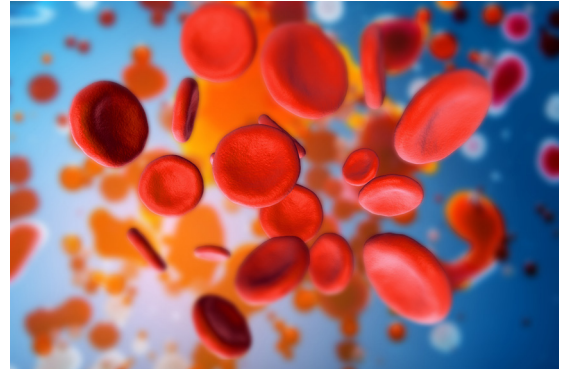


Kan Plazması

- Kan plazmasının %90'ı sudur. Kalan %10'luk kısmında çözülmüş tuzlar, plazma proteinleri, besin maddeleri, solunum gazları, metabolik atıklar ve hormonlar bulunur.
- Plazmada bulunan iyonlar, plazma proteinleri ile birlikte kanın ozmotik basıncının ayarlanmasında ve pH tamponlanmasında önemli rol üstlenir.
- Plazma proteinleri ve iyonlar insan kanının pH değerini 7,4'te sabit tutar.
- İyonların plazmadaki konsantrasyonu doku sıvısının bileşimini de doğrudan etkiler. Bu iyonların birçoğu sinir ve kas aktivitelerinde önemli role sahiptir.
- Plazma proteinleri kanın akışkanlığına karşı olan direncine (viskozite), kan ve doku sıvısı arasındaki dengenin korunmasına katkı sağlar. Plazma proteinlerinden antikorlar, vücuda giren mikroplar ve yabancı maddelerle mücadele eder.
- Pıhtılaşma faktörleri olarak adlandırılan proteinler ise kan damarları hasar gördüğünde pıhtılaşmayı sağlayarak kan kaybını engelleyen proteinlerdir. Fibrinojen gibi pıhtılaşma proteinleri plazmadan ayrıldığında kalan kısma **serum** denir.

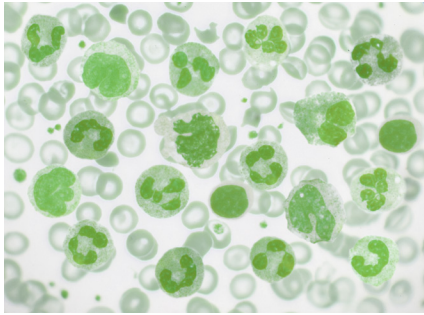
Alyuvarlar (Eritrositler)

- Alyuvarlar solunum organından dokulara **oksijen**, dokulardan solunum organına **karbondioksit** taşıyan hücrelerdir.
- Kanda pasif hareket eder ve damar dışına çıkmaz.
- Alyuvarlar yüzey alanlarını artırıp plazma zarlarından oksijenin difüzyonunu artıracak şekilde önden ve arkadan içe çöktür.
- Olgun alyuvarlarda hücre çekirdeği ve mitokondri bulunmaz. Bu durum alyuvarın oksijen taşıma kapasitesini artırır.
- Mitokondrileri olmadığı için ATP oksijensiz solunumla elde edilir.
- Alyuvarlarda oksijen taşıyıcı demir içeren bir pigment olan **hemoglobin** molekülü bulunur.
- Erkeklerde 1 mm³ kanda 4,5-6 milyon, kadınlarda ise 1 mm³ kanda 3,5-5 milyon alyuvar bulunur.
- Yüksek yerlerde yaşayan insanlarda alyuvar sayısı daha fazladır. Yükseklik arttıkça oksijenin kısmi basıncı azalır. Bu nedenle birim zamanda vücudun gerek duyduğu oksijeni karşılamak için eritropoietin hormonu kırmızı kan hücrelerinin üretimini uyarır.
- Eritropoietin hormonunun %90'ı böbreklerde, %10'u karaciğerde üretilir. Alyuvarlar embriyonik dönemde dalak, lenf düğümleri ve karaciğerde üretilirken daha sonra özellikle göğüs kemiği, kaburgalar, pelvis, omurlar ve üyelerin uzun kemiklerinde bulunan kırmızı kemik iliğinde üretilir.
- Alyuvarların ömrü yaklaşık 120 gündür. İşlevini yitiren alyuvarlar, dalak ve karaciğerde parçalanır.



Alyuvar hücreler

Akyuvarlar (Lökositler)



Akyuvar hücreleri

- Akyuvarlar, savunma sisteminde görev alan kan dokusu elemanlarıdır.
- Vücudu enfeksiyonlara ve toksik maddelere karşı korur.
- Akyuvar hücrelerinin çeşitleri vardır. Bazı akyuvar hücreleri mikroorganizmaları ve ölü hücreleri fagositozla yutarak sindirirken bazıları enfeksiyon etkenlerine karşı **antikor** olarak bilinen özel proteinler sentezler.
- Akyuvar hücresi çeşitlerinden olan lenfositler, özelleşmiş B ve T hücrelerine dönüşerek bağışıklıkta görev alır.
- Sağlıklı yetişkin bir insanda 1 mm³ kanda yaklaşık 5-10 bin akyuvar hücresi bulunur ancak bu sayı enfeksiyon durumuna göre artabilir.

- Akyuvarlar kemik iliğinde ve lenf dokusunda (bademcik, dalak gibi) üretildikten sonra ihtiyaç duyulan dokuya kanla taşınarak işlevini gerçekleştirir.
- Çekirdekli hücrelerdir. Akyuvarlar hem kanda hem de doku sıvısı ve lenf sisteminde bulunabilir. Ömürleri ise çeşitlerine göre birkaç saatten birkaç güne kadar değişebilir.

Kan Pulcukları (Trombositler)

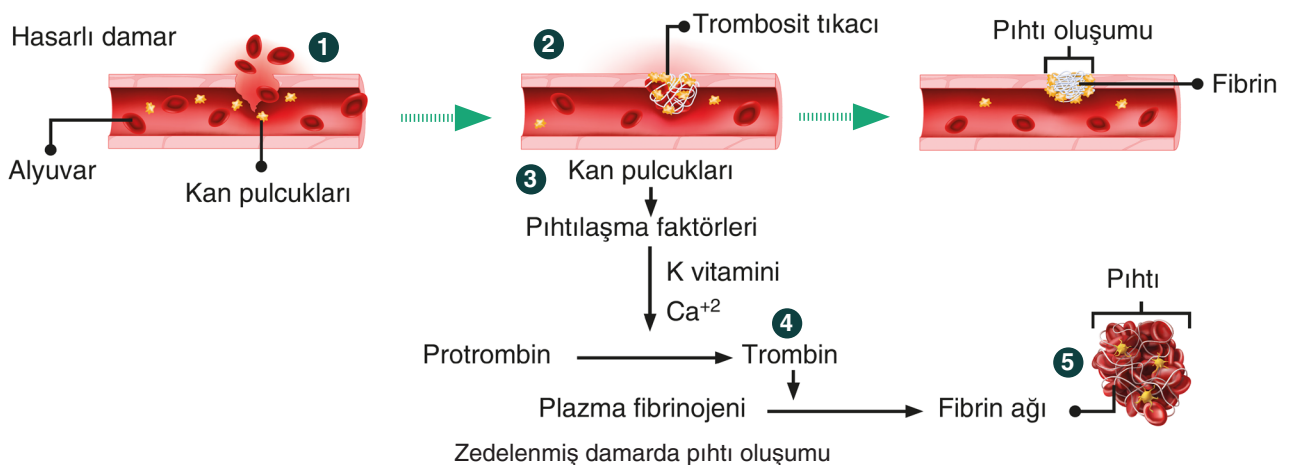
- Trombositler, kırmızı kemik iliğindeki megakaryosit adı verilen özelleşmiş hücrelerden kopan ve kana verilen sitoplazmik parçacıklardır.
- Trombositler yaklaşık her on günde bir yenilenir.
- 1 mm³ kanda ortalama 150-300 bin kadar trombosit bulunur.
- Trombositlerin çekirdekleri bulunmaz ancak işlevi için gerekli enzim ve kimyasal maddelere sahiptir.
- Trombositler, damar zedelenmelerinde kanın pıhtılaşmasını başlatır ve kan sızıntılarını önler.

Zedelenmiş Damarda Pıhtı Oluşumu

Pıhtılaşma süreci damar astarının zarar görmesiyle başlar.

- 1 Zedelenme sonucu açığa çıkan kolajen liflere trombositler tutunur ve yapışkan hâle gelir.
- 2 Trombositler damarın büzülmesine yol açan maddeleri salar. Yapışkan trombositler trombosit tıkaçı denilen bir tıkaç oluşturur ve pıhtı oluşumu başlar.
- 3 Fibrinden oluşan pıhtı yaralanan doku iyileşinceye kadar damarı sızdırmaz hâle getirir. Zedelenmiş dokulardan ve trombositlerden pıhtılaşma faktörleri salınır.
- 4 Bu faktörler plazmadaki pıhtılaşma etkenleri ile birleşerek protrombini trombine çevirir.
- 5 Trombin, fibrinojeni fibrine çeviren bir enzimdir. Fibrinojen plazma içerisinde inaktif şekilde dolaşan pıhtılaşma maddesidir. Fibrin iplikçikleri ise pıhtı içerisindeki ağ yapısını oluşturur.

Kanın pıhtılaşmasında kandaki Ca²⁺ iyonları ve K vitaminin de rolü vardır. Pıhtılaşma faktörlerinden birinin eksik olması kanın pıhtılaşma süresini olumsuz etkileyebilir. Örneğin hemofili hastalığı pıhtılaşma sürecini engelleyen X kromozomuna bağlı kalıtsal bir hastalıktır. Hemofili bireylerde çok küçük kesik ya da yaralanmalarda bile aşırı kanamalar görülür.

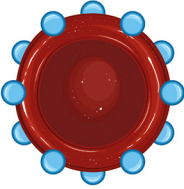
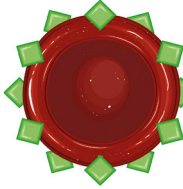
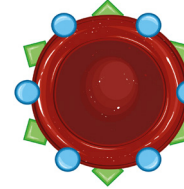
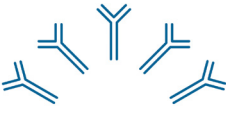
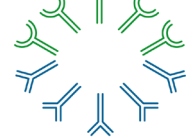


Kök Hücreler ve Hücresel Elemanların Yenilenmesi

- Kaburgaların, omurganın, göğüs kemiğinin ve leğen kemiğinin kırmızı kemik iliğinde yer alan kök hücreler, kan hücrelerinin yenilenmesi görevini üstlenir.
- Alyuvarlar, akyuvarlar ve trombositlerin hepsi kök hücrelerden gelişir.

Bazı kan hastalıklarının tedavisinde kemik iliği nakli bu yüzden önemlidir. Düzenli kan bağıışı ile ihtiyaç anında uygun kanın hemen bulunup tedaviye başlanması önemli olduğundan kan ve ilik nakilleri hayati önem taşır.

Kan Grupları

ABO SİSTEMİNDE KAN GRUPLARI				
Grup	A	B	AB	O
Alyuvar hücre tipi				
Plazmadaki antikorlar (Aglütinin)	 Anti B	 Anti A	Yok	 Anti A ve Anti B
Alyuvardaki antijenler (Aglutinojen)	 A Antijen	 B Antijen	 A ve B antijen	Yok

- Alyuvarların zarlarında bulunan **aglutinojen** adı verilen bazı glikoproteinler alyuvarlara antijenik özellik kazandırmaktadır. İnsanlar kanlarına göre sınıflandırılırken bu aglutinojenler esas alınmaktadır.
- İnsan alyuvarlarında çok sayıda antijen olmasına karşın kan grubu sınıflandırılması A, B, Rh aglutinojenlerine göre yapılmaktadır. A ve B aglutinojenleri esas alınarak yapılan grupta 4 kan grubu bulunur. Eğer;
 - ⇒ alyuvarların zarlarında A aglutinojeni varsa **A** grubu,
 - ⇒ B aglutinojeni varsa **B** grubu,
 - ⇒ her iki aglutinojeni bir arada bulunduruyor ise **AB** grubu,
 - ⇒ A ve B aglutinojenlerinin ikisini de bulundurmuyorsa **O** grubudur.
- A ve B aglutinojenleriyle reaksiyona giren antikorlar ise kan plazmasında bulunur. Bu antikorlara **aglutinin** denir. A aglutinojenin aglutininini Anti-A'dır. B aglutinojenin aglutininini ise anti-B'dir. Eğer anti-A, A aglutinojeni taşıyan alyuvarlar ile karşılaşacak olursa çok sayıda alyuvarı bağlayarak onların kümeleşmesine neden olur. Bu duruma **aglutinasyon** (çökeltme) denir. Bu tip antijen-antikor reaksiyonları alyuvar yıkımı ve kaybına neden olmaktadır.
- İnsanların alyuvar zarlarında bulunan diğer bir antijen ise Rh faktörüdür. Eğer bir kişi alyuvarlarında Rh antijeni taşıyor ise Rh pozitif (+), taşıyor değilse Rh negatif (-) olarak değerlendirilir. İnsanların %80'i Rh (+)'tir. Rh negatif bireylerin plazmasında Rh antijeniyle ilk karşılaştıkları andan itibaren Anti-D antikorları sentezlenmeye başlar.
- Kan nakillerinde genel kural, aynı kan grubundan bireylerin kan alıp vermesi gerektiğidir. Kan nakillerinde dikkat edilecek bir diğer önemli husus kan gruplarındaki aglutinojenlerdir.
- Alicının kanında vericinin alyuvarlarındaki antijenlere karşı antikor varsa çökeltme (aglutinasyon) meydana gelir. Çökelen kan, damarları tıkar ve alyuvarlar parçalanır. Alyuvarların parçalanması sonucu alyuvar sayısı hızla azalır ve plazmada hemoglobin artar. Böbrek damarları daralır ya da tıkanır, akut böbrek yetmezliği ortaya çıkar. Hemoglobinin yıkılması sonucu **bilirubin** ortaya çıkar. Bilirubinün vücuttan atılmasında meydana gelen yavaşlama sonucu **sarılık** oluşur.



LENF DOLAŞIMI

Lenf Dolaşım Sisteminin Genel Yapısı ve Görevleri

- Sağlıklı yetişkin bir insanda kılcal damarlardan sıvı ve çok az da olsa kan proteinleri doku sıvısına geçer. Kanın kılcal damarlarda kaybettiği bu sıvının ve proteinlerin tekrar kana geri kazandırılmasında **lenf dolaşımı** görev alır. Yani vücudumuzda kan dolaşımı dışında lenf dolaşımı olarak ikinci bir dolaşım sistemi vardır.

Lenf dolaşımı

- Kılcal kan damarlarından doku sıvısına çıkıp tekrar kılcal kan damarlarına geçememiş doku sıvısının fazlasının ve doku sıvısına geçen proteinlerin kan dolaşımına geri döndürülmesini sağlar.
- Sindirim sisteminde emilen yağ ve yağda eriyen vitaminleri toplayıp kan dolaşımına ulaştırır.
- Vücuda giren yabancı madde ya da mikroorganizmalara karşı savunma görevi yapar.
- Lenf dolaşım sistemi **lenf damarları**, **lenf sıvısı** ve **lenf düğümlerinden** oluşur.



DİKKAT

Lenf dolaşım sistemi embriyoda kardiyovasküler sistemin gelişiminden sonra yani hamileliğin 6. haftasının sonlarında gelişmeye başlar.

Lenf Damarları

- Yağlar, ince bağırsaktan şilomikron hâlinde emilerek lenf damarları ile dolaşıma katılır. Lenf damarları, sindirim sisteminde yağların emilmesine yardımcı olur.
- Lenf damarları lenf kılcalları ve lenf toplardamarlarından oluşur. Lenf kılcal damarları birleşerek **lenf toplardamarlarını** oluşturur.
- Lenf toplardamarlarının kan toplardamarlarından daha ince olan duvarlarında, bağ dokusu ve düz kas yapısı görülür.
- Atardamar yoktur.
- Lenf kılcalları dokular arasına yayılmış, bir ucu kapalı tüp şeklinde damarlardır.
- Doku sıvısı lenf kılcallarıyla toplanır.
- Lenf kılcallarının porları kan kılcallarına göre daha büyüktür.
- Geçirgenlikleri, kan kılcallarından daha yüksektir.
- Lenf kılcalları daha büyük lenf toplardamarları ile birleşir. Lenf damarlarının birleşmesiyle **göğüs lenf kanalı** ve **sağ lenf kanalı** adı verilen iki büyük lenf damarı oluşur.



DİKKAT

Lenf damarlarında lenf sıvısının yer çekimi ile geri dönmesini engelleyen tek yönlü açılan kapakçıklar bulunur.

Lenf Sıvısı

- Lenf kılcal damarlarına difüzyonla geçen doku sıvısının fazlası **lenf sıvısı** adını alır.
- Lenf sıvısı dokulardan kalbe doğru hareket eder.
- Kanda bulunandan daha az protein bulunur.
- Alyuvarları olmadığından renksizdir, dolayısıyla **akkan** da denir.
- Lenf sıvısında fibrinojen yoktur, akyuvarlar bulunur. Akyuvarlar sayesinde lenf, vücut savunmasında önemli rol oynar.

**KRİTİK BİLGİ**

Lenf sıvısının taşınmasını engelleyen durumlar olursa dokularda çok miktarda sıvı toplanarak **ödem** denilen doku sıvısı artışı ortaya çıkabilir.

Ödeme Neden Olan Durumlar

- kılcal kan damarlarındaki protein kaçakları
- kılcal damar basıncının artması
- kılcal damarların geçirgenliğinin artması
- azalmış plazma proteinleri sonucu kılcal damarda ozmotik basıncın düşmesi
- belirli bazı parazitlerin lenf damarlarını tıkaması olabilir.

**DİKKAT**

- Lenf damarlarındaki sıvının akış hızı kan damarlarındakinden daha yavaştır.
- **Lenf damarlarında akış hızını;**
- hücreler arası sıvının basıncı,
- damar duvarlarının ritmik kasılmaları,
- iskelet kaslarının kasılması
- solunum hareketi gibi faktörler etkiler.

Lenf sıvısının akışı yürüme ve masaj ile artar. Dinlenme durumunda lenf akımı yavaşlar.

Lenf Düğümleri

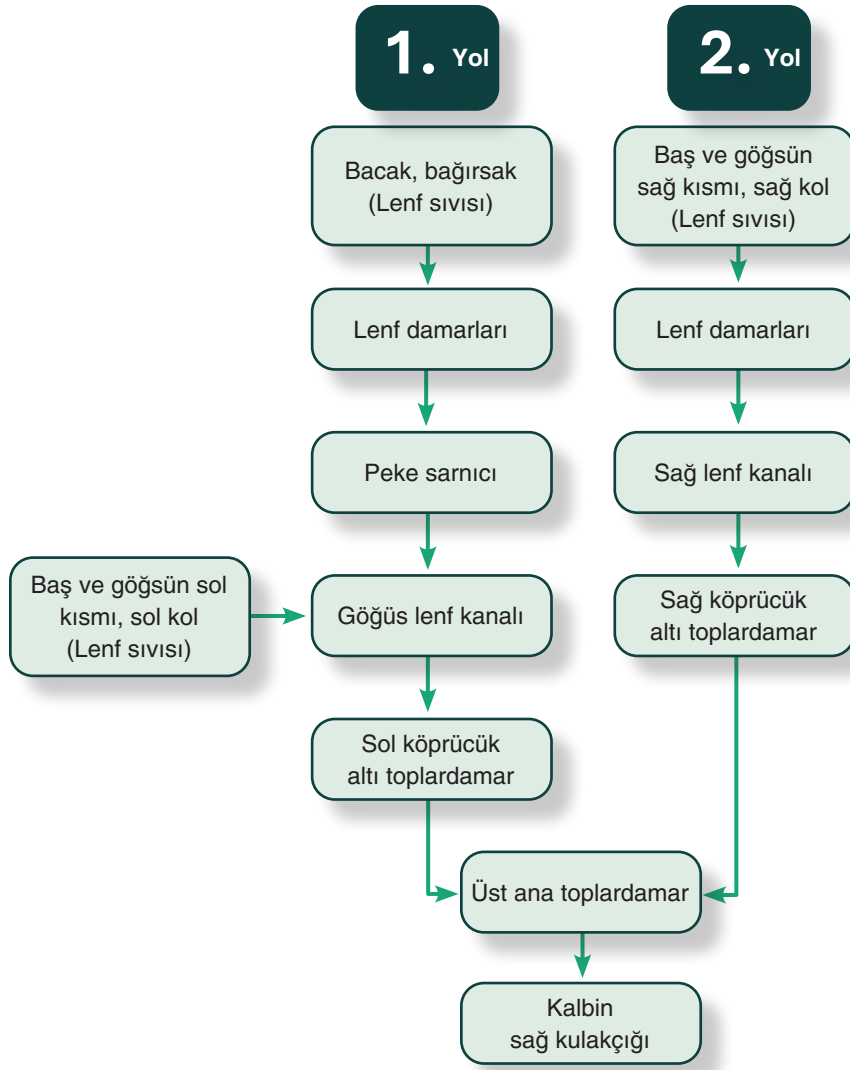
- Lenf damarları boyunca özel hücre kümelerinin oluşturduğu yapılar **lenf düğümleri** olarak adlandırılır ve lenf damarları boyunca vücutta dağınık olarak yerleşmiştir. Lenf düğümleri en çok boyun, koltuk altı, göğüs, karın ve kasık bölgesinde bulunur.
- Lenf düğümlerinde; lenf sıvısı süzülüp temizlenir, lenf sıvısındaki toksinler ve hücre artıkları nötrleştirilir. Bakteri ve virüslere saldıran lenfositler üretilip depolandığından lenf düğümleri vücut savunmasında önemli hâle gelmiştir.
- Lenf düğümlerinin yan yana gelmesiyle **lenf bezleri** oluşur. Bunlar: **bademcikler, timüs bezi, koltuk altı bezleri ve peke sarnıcıdır**. Dalak da lenf düğümlerine benzer. Bademcikler en büyük lenf bezleridir.

**KRİTİK BİLGİ**

Vücutta enfeksiyon durumunda lenf düğümlerinin içindeki akyuvarların sayısı artar. Bu durum lenf düğümlerinin şişmesine sebep olur. Doktorun muayene sırasında; boyunda, koltuk altında, kasıklardaki lenf düğümlerinin şişip şişmediğini kontrol etmesinin nedeni budur.

Lenf Dolaşımının İzlediği Yollar

- Lenf sistemi sayesinde dokular arasından toplanan sıvı tekrar dolaşıma dönmüş olur. Lenfin tekrar dolaşıma katılması ince bağırsaklardan emilen yağların, az miktarda proteinlerin ve fazla doku sıvısının kana aktarılmasını da sağlar.
- Vücudun bacaklar, bağırsaklar gibi alt bölgesinden toplanan lenf; peke sarnıcına oradan göğüs lenf kanalı ile sol köprücük altı toplardamarına aktarılır. Buradan da kalbe gitmek üzere üst ana toplardamara geçer.
- Sol koldan, başın ve göğsün sol yarısından toplanan lenf de göğüs lenf kanalından itibaren bu sıra ile kalbe ulaşır.
- Başın ve göğsün sağ yarısı ve sağ kolda toplanan lenf ise sağ lenf kanalı ile sağ köprücük altı toplardamara taşınır. Ardından kalbe gitmek üzere üst ana toplardamara geçer.
- Sağ ve sol köprücük altı toplardamarları üst ana toplardamarda buluşarak lenf kalbin sağ kulakçığına dökülerek kan dolaşımına dahil olur.



DOLAŞIM SİSTEMİ RAHATSIZLIKLARI VE SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

Dolaşım Sistemi Rahatsızlıkları

- Yüksek ya da düşük tansiyon, damar tıkanıklığı, kalp krizi, inme, varis, kangren, anemi, lösemi gibi rahatsızlıklar en sık rastlanılan dolaşım sistemi rahatsızlıklarındandır.

Yüksek Tansiyon (Hipertansiyon)

- Yetişkin bireylerde kasılma basıncının (sistolik basınç) 140 mmHg, gevşeme basıncının (diastolik basınç) 90 mmHg'dan büyük olduğu kan basıncı durumuna **yüksek tansiyon (hipertansiyon)** denir.

Yüksek Tansiyon (Hipertansiyon) Nedenleri;

- sağlıksız beslenme,
- hareketsiz yaşam,
- stres ve genetik yatkınlıktır.



KRİTİK BİLGİ

Yüksek tansiyon kalp krizi ve inmenin yanı sıra başka hastalıkların da habercisi olabilir. Tedavi edilmezse kalp krizine, felce, beyin kanamasına, böbrek hasarına ve görme kaybına neden olabilir. Hipertansiyon tanısı kolaydır. Beslenme alışkanlıklarında yapılacak değişiklikler, egzersiz yapma ve ilaç tedavisi ile kontrol altına alınabilir bir rahatsızlıktır.

Düşük Tansiyon (Hipotansiyon)

- Yetişkin bireylerde kasılma basıncının 90 mmHg, gevşeme basıncının 60 mmHg'den küçük olduğu kan basıncı durumuna **düşük tansiyon (hipotansiyon)** denir.

Düşük Tansiyon (Hipotansiyon) Nedenleri;

- genetik yatkınlık,
- vücudun susuz kalması,
- vitamin ve mineral eksikliği,
- kalp hastalıkları,
- kan kaybı,
- bazı endokrin hastalıklar gibi nedenlerle ortaya çıkabilir.



KRİTİK BİLGİ

Düşük tansiyonun en yaygın belirtileri baş dönmesi, bulanık görme, soğuk ve soluk cilt, mide bulantısı, kalbin hızlı atması, yorgunluk ve bayılmadır. Düşük tansiyonun da tanısı ve tedavisi yapılabilmektedir.

Damar Tıkanıklığı

- Kan damarlarının genellikle damar sertliği ya da bir pıhtı nedeniyle tıkanmasıdır. Damarların iç yüzeyinde meydana gelen hasarlar damar içerisinde düzgün iç yüzeyin bozulmasına neden olurken, hasarlı bölgeye gelen akyuvarlarda bu bölgede lipit ve kolesterolün birikmesine neden olur. Bu yağlı birikime **plak (aterom plak)** denir. Tıkanıklık çoğunlukla damarlardaki plaklar nedeniyle daralmış bölgelerde gelişir. Plak büyürken damar içi daralır ve sertleşir.
- Kan damarı duvarında çeşitli nedenlerle meydana gelen kalınlaşma ve sertleşmeye **ateroskleroz** denir. Dolaşımdaki kolesterol ve inflamasyon (yangı) birlikte ateroskleroz hastalığının ortaya çıkmasına neden olur. Hipertansiyonla birlikte başa giden damarlarda ateroskleroz meydana gelirse beyinde oksijen yokluğu nedeniyle kalıcı hasara (örneğin felce) yol açabilir. Dil altından verilen pıhtı çözücü ilaçların hemen kullanılması, kalp krizi ve inmenin (felcin) zararlarını azaltabilir.

Damar Tıkanıklığı Nedenleri;

- Zamanla kolesterol ve lipitlerin birikmesi ve bunların üzerine de kalsiyum tuzlarının çökmesiyle **damar sertliği** meydana gelir. Damar sertliği atar damarların genişleyebilme özelliğinin kaybolmasına zamanla yırtılmasına neden olabilir. Ayrıca damar çeperinde biriken yağ ve kireç, **emboli** sebebidir.



DİKKAT

Damar tıkanıklığı görülme olasılığı kalıtsal olabileceği gibi cinsiyete, ilerleyen yaşa, yüksek tansiyona, diyabete, aşırı strese, aşırı yağlı ve karbohidratlı beslenmeye bağlı olabilir.

Kalp Krizi

- Kalbi besleyen koroner damarların tıkanması sonucunda kalp dokusunun beslenememesi durumunda hücreler zarar görür ya da ölürse **kalp krizine (miyokardiyal enfarktüs)** neden olur.
- İnme** ise beyne besin ve oksijen taşıyan damarlarda yırtılma veya tıkanma sonucu beyindeki sinir dokunun zarar görmesidir.
- Pıhtı çözücü ilaçların kısa sürede kullanımı inme ya da kalp krizinin etkilerini azaltabilir.

Varis

- Varis toplardamar duvarında oluşan yapısal bozuklukla damarın genişlemesi ve damar içindeki kapakçıkların bozulması sonucu kanın geri kaçması şeklinde bir damar hastalığıdır.

Varisin Nedenleri;

- egzersiz eksikliği,
 - yanlış beslenme,
 - genetik yatkınlık
 - genellikle uzun süre ayakta durmak olabilir.
- Varisten korunmak için düzenli egzersiz ve yürüyüş yapma, bisiklet sürme, yüzme gibi aktiviteler yapılmalıdır.

Kangren

- Vücudun herhangi bir bölgesini besleyen atardamarın, o bölgeye kan getirememesi sonucu besin ve oksijensiz kalan bölgenin fonksiyonlarını yitirmesidir.
- Kangren meydana gelen dokuda çürüme ve renk değişimleri görülür.
- Kangren kollar, bacaklar, apandis, ince bağırsak gibi birçok organ ve dokuda görülebilir.

Kangrenin Nedenleri;

- diyabet,
- ağır darbe ve kırıklar,
- uzuv veya dokuların donması olabilir.

Anemi

- Kandaki alyuvar sayısının ya da hemoglobinin olması gereken miktardan daha az olmasına denir.

Aneminin Nedenleri;

- alyuvar yapımının azalması veya alyuvarların yıkımının ve kaybının artması
- B₁₂ vitamini, demir ve folik asit eksikliği
- kemik iliğinin kan üretimindeki fonksiyonunun bozulmasıdır.

**DİKKAT**

Akdeniz anemisi ya da **talasemi** olarak bilinen anemi ise kalıtsaldır. Talasemi hastalarında hemoglobin yapımında yetersizlik ya da bozukluk söz konusudur.

Lösemi

- Kandaki akyuvar sayısının zarar verici şekilde normalin üstünde artmasına **lösemi** ya da **kan kanseri** denir.
- Lösemi lenf sistemi ve kemik iliğini etkiler. **Akut** ya da **kronik** olarak gruplara ayrılır. Akut genelde çocuklarda, kronik lösemi ise daha çok yetişkinlerde görülür.
- Radyoterapi, kemoterapi, immunoterapi ve kemik iliği nakli başlıca tedavi şekilleridir.

Löseminin Nedenleri;

- zararlı sanayi kimyasallarına,
- tarım ilaçlarına
- yüksek düzeyde radyasyona maruz kalma,
- tütün ve tütün mamulleri kullanma lösemi riskini artırır.

Dolaşım Sisteminin Sağlıklı Yapısının Korunması

- Dolaşım sistemi diğer doku ve organların ihtiyacı olan maddeleri taşır, hücrelerde oluşan metabolik atıkları uzaklaştırır. Bu nedenle dolaşım sisteminin sağlıklı yapısının korunması önemlidir.
- Tütün mamülleri kullanma, alkol tüketimi, yetersiz fiziksel aktivite ve sağlıksız beslenme koroner kalp hastalıklarının ortaya çıkmasının nedenleri arasındadır. Kan yoluyla bulaşan hastalıklar dolaşım sistemi rahatsızlıklarının bir diğer nedenlerindendir. Enfeksiyon riskini ortadan kaldırmada her birey için tek kullanımlık ürünler kullanılması gerekir.

BAĞIŞIKLIK SİSTEMİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Bağışıklık Sisteminin Genel Yapısı

- Virüs ve bakteri gibi hastalıklara neden olan etkenlere **patojen** denir. İnsan vücudu patojenlere karşı çeşitli savunma sistemlerine sahiptir. Hücre, doku ve organlardan oluşan bu savunma sistemine **bağışıklık sistemi** denir. Bağışıklık sistemi sayesinde bakteri, mantar, virüs, parazit omurgasızlar gibi patojen etkenlere karşı koruma sağlanır.
- Vücuda girdiğinde kendisine karşı bir bağışıklık yanıtı oluşmasına yol açan maddelere **antijen** denir.
- Bağışıklık, **doğal bağışıklık (özümlü olmayan bağışıklık)** ve **kazanılmış (özümlü) bağışıklık** olmak üzere iki çeşittir.

DOĞAL BAĞIŞIKLIK

Doğal Bağışıklığın Genel Özellikleri

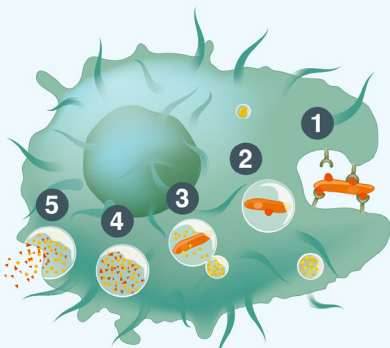
- Doğal bağışıklık kişinin doğumdan itibaren sahip olduğu savunma hattıdır.
- Doğal bağışıklıkta patojenler, **birinci savunma hattı (dış savunma hattı)** ve **ikinci savunma hattı (iç savunma hattı)** olmak üzere iki savunma hattı ile karşılaşır. Birinci savunma hattı patojenlerin vücuda girmesini engellerken ikinci savunma hattı ise dış savunmayı geçen patojenler ile mücadele eder.

Birinci Savunma Hattı (Dış Savunma Hattı)

- Birinci savunma hattında, vücut yüzeyinde mikropların vücuda girişini önleyen engeller vardır.
- Deri, bakteri ve virüslerin aşamayacakları bir tabaka olup birçok mikroorganizmanın tutunmasına ve yaşamasına izin vermeyen yağlar ve asitler salgılar.
- Burun kılları, kulak salgısı, solunum yolundaki hareketli siller ve dış ortama doğrudan açık birçok organda bulunan mukus salgıları dış savunma hattının elemanlarıdır.
- Mikroplara karşı kimyasal engeller de bulunur. Örneğin; tükürük, gözyaşı ve mukus salgılarındaki lizozim, mikropların hücre duvarını parçalar. Mide yutulan bakterilerin çoğunluğunu asit salgısıyla öldürür.

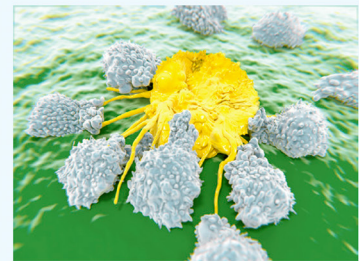
İkinci Savunma Hattı (İç Savunma Hattı)

- **Savunmanın ikinci hattında ise yangısal tepki (iltihaplanma)**, interferon yöntemlerinin yanı sıra **fagositoz yapan hücrelerin ve doğal katil hücrelerin savaşı** ile korunma sağlanır. İnsan vücuduna giren patojenler, fagositoz yapan hücrelerle (monositler ve nötrofillerle) karşılaşır. Fagositoz yapan hücreler, patojenleri içindeki kofula alır. Sonra bu koful, lizozom ile kaynaşır ve bu patojenleri parçalar. (Bu durum hücre içi sindirime örnek olarak gösterilebilir.) Monositler, fagositoz yaptıktan sonra makrofajlara dönüşür.
- Özümlü olmayan bağışıklıkta doğal katil hücreler de görev alır. Doğal katil hücreler (doğal öldürücü lenfositler); yabancı hücreler, tümör hücresi ve bazı enfekte olmuş hücreleri tanıyıp öldürür. Bu hücreler vücutta dolaşarak virüsle enfekte olmuş ya da kanserleşmiş hücreleri bulurlar ve bu hücreleri öldürecek kimyasallar salgılayarak bunların yayılmasını önler.



(a) Fagositik hücreler patojenleri ve ölü hücreleri fagositoz yoluyla yok eder.

- 1 Bağlanma ve hücre içine alma
- 2 Fagositik koful
- 3 Lizozomla birleşme
- 4 Sindirim
- 5 Atıkların atılması



(b) Doğal katil hücreler virüsle enfekte olmuş veya kanserleşmiş hücreleri salgıladıkları kimyasallarla yok eder.

Fagositik hücreler ve doğal katil hücreler

- Doğal bağışıklığı sağlayan diğer etken, **interferon salgılarıdır**. Virüsten etkilenmiş vücut hücreleri, protein yapılı interferon salgılar. İnterferon salgıları; enfekte olmamış komşu hücrelerin korunması için patojenleri tanıyan, saldırıp üremelerini durduran ya da patojenlerin hücre zarlarının yapısını bozan çeşitli maddelerin sentezlemesini sağlar. Bu sayede virüslerin vücuda yayılması önlenir.
- Bir dokunun fiziksel ya da kimyasal sebeple yaralanması durumunda vücut birbiriyle uyumlu bir dizi savunma sergiler. Bu savunmaya **yangısal tepki (iltihaplanma)** denir.



DİKKAT

Yangısal tepkide,

- Dokunun hasar görmesi sonucu mast hücrelerinden histamin salgılanır.
- Histamin, bölgedeki kan damarlarının genişlemesini sağlar.
- Kan damarlarından sızıntı artar ve bölgeye fagositik hücreler göç eder.
- Akyuvar hücrelerinden salgılanan özel kimyasallar sayesinde bölgeye kan akışı hızlanır.
- Fagositik hücreler bakterileri ve doku artıklarını sindirir. Doku iyileşir.



DİKKAT

İlaç firmaları, Hepatit C gibi hastalıklara neden olan virüslerin tedavisi için rekombinant DNA teknolojisini kullanarak interferonların seri üretimini gerçekleştirmeyi başarmıştır.



KAZANILMIŞ BAĞIŞIKLIK

Kazanılmış Bağışıklığın Genel Özellikleri

- Vücudumuz bakterilere, virüslere veya yabancı maddelere karşı çok güçlü bağışıklık geliştirme yeteneğine sahiptir. Belirli hastalık etkenlerine karşı B ve T lenfositleri tarafından sağlanan ve hatırlanma özelliğine sahip bağışıklığa **özellik (spesifik, kazanılmış) bağışıklık** denir.
- Bağışıklığın üçüncü hattını oluşturan ve sadece omurgalılarda görülen kazanılmış bağışıklık ikinci savunma hattını da aşmış olan mikroorganizmaları tanıyarak onlara karşı özel tepki oluşturan **lenfositler (B ve T hücreleri)** tarafından sağlanır. Bu lenfositler, kemik iliğindeki kök hücreler tarafından üretilir. B hücreleri, kemik iliğinde olgunlaşmalarını tamamlarken T hücreleri, timüs bezinde olgunlaşarak özelleşir. B ve T hücreleri lenf sistemine geçerek vücut savunmasında görev alır.
- Bir lenfositte tepki oluşmasına neden olan madde **antijen** olarak adlandırılır. Antijenler protein veya polisakkarit gibi büyük moleküllerdir. Virüs, bakteri, parazit gibi yabancıların yüzeyindeki bazı moleküller lenfositler için antijendir. Ayrıca bakterilerin salgıladıkları toksinler, polenler, çevremizdeki tozlar, küf sporlarındaki moleküller, nakledilmiş dokular da lenfositler açısından antijen içerir.
- Vücuda giren yabancı maddeler, reseptörler aracılığıyla tanınır. Her lenfositin tek bir tipteki antijeni bağlayacak reseptörü vardır. Vücutta serbest dolaşan bakteri, virüs gibi antijenlere B lenfositleri (plazma hücreleri) müdahale eder. Antijen, B lenfositin üzerindeki antijen reseptörlerine bağlanınca B lenfosit aktiveleşir. Aktifleşen B lenfosit çoğalarak antijen için reseptörler taşıyan ve aynı hücrelerden oluşan hücre klonu oluşturur. Oluşan hücre klonundan bazı hücreler, aynı antijenle tekrar karşılaştığında hızlı tepki verebilen uzun ömürlü **hafıza (bellek) hücrelerine** dönüşür. Hafıza hücreleri yaşam boyunca aynı antijenle tekrar karşılaştığında plazma hücrelerine dönüşebilme yeteneğine sahiptir ve çok daha hızlı ve güçlü antikor yanıtı oluşturur.

Humoral Bağışıklık

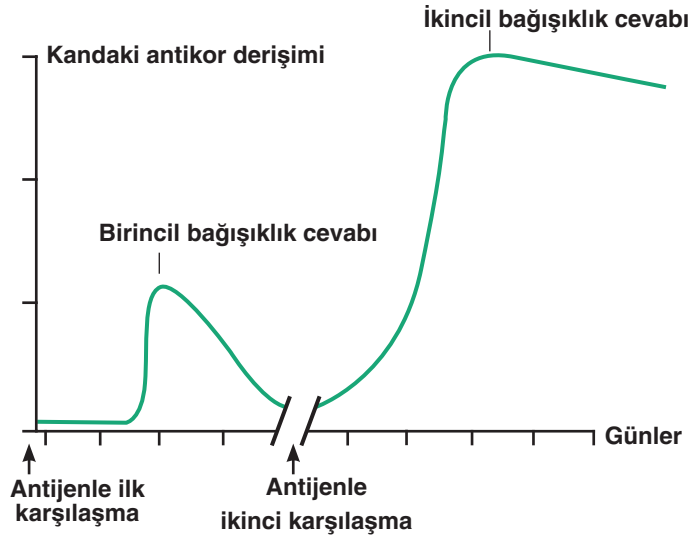
- Kanda ve lenfte bulunan antikorların antijenleri ve patojenleri etkisiz hâle getirmesine **humoral bağışıklık (sıvısal bağışıklık)** denir.
- Antikorlar, antijenlere değişik yollarla müdahale edebilir. Örneğin, bazı durumlarda bakteriler topak oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanırken bazı durumlarda ise çözünebilen antijenle antikorun oluşturduğu kompleks çöktürülür ya da antijen virüs kökenli ise virüs antikorlarla örtülür. Bu işlemler fagositozu kolaylaştırır. Ayrıca antikorlar hücresel saldırının parçalanmasını sağlarsa bu olay **lizis** adını alır.

Hücresel Bağışıklık

- Lizis yardımıyla yabancı hücrenin duvarında açılan deliklerden hücre su alarak şişer. Şişen yabancı hücre patlayarak yok olur. Hücre içine giren antijenlere T lenfositleri müdahale eder. T lenfositlerinin hücre içindeki yabancı moleküllere karşı oluşturduğu bağışıklık **hücresel bağışıklık** adını alır.

Bağışıklık Hafızası

- Bir antijenle daha önceden karşılaşmış olma; bağışıklık tepkisinin hızını, süresini ve gücünü etkilemektedir. Bir antijenle ilk defa karşılaştığında **birincil bağışıklık cevabı** oluşur. Bu durumda B ve T tepki hücreleri klonlarını üretmek üzere çoğalır. Antijenle karşılaşmadan sonra B ve T hücreleri aktiveleşir ve genellikle 10-17 gün sonra birincil cevap en üst düzeye çıkar.
- Aynı antijen tekrar vücuda girdiğinde bellek (hafıza) hücreleri daha kısa zamanda plazma hücrelerini oluşturur. Böylelikle daha hızlı, etkili ve uzun süreli antikor üretimi sağlanır. Buna **ikincil bağışıklık cevabı** adı verilir.
- İkincil bağışıklık cevap sayesinde kişi hastalanmadan antijenden kurtulur. Bağışıklık sistemi tarafından ikincil tepkinin oluşturulması, **bağışıklık belleği** olarak adlandırılır. Bağışıklık belleği, birçok hastalığa karşı uzun süreli koruma sağlar. Bağışıklık belleğinin oluşabilmesi için aşı olmak ya da daha önceden hastalığı geçirmiş olmak gerekir.



Kazanılmış Aktif Bağışıklık

- Vücuda giren patojenlerin oluşturduğu enfeksiyon nedeniyle vücudun kendisi tarafından oluşturulan antikorlar ve fagositik hücrelerle gerçekleşen savunma tipidir. Aşı olmak ve önceden hastalığı atlatmak da aktif bağışıklık kazandırabilir.
- Aşılama; vücuda zayıflatılmış patojenler, patojen parçaları veya etkisi azaltılmış bakteri toksinleri verilmesiyle gerçekleştirilir. Zayıflatılmış mikroplar vücuda girdiğinde, bu mikroplara karşı antikor oluşturularak bağışıklık kazanılır. Kişide bağışıklık belleği meydana getirilir. Antikorların koruyuculuk süresi aşının türüne ve özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Hastalık etkenlerinin mutasyona uğramaları nedeniyle aşılar zaman içerisinde yeniden geliştirilerek değiştirilmiştir. Aşılar çocuk felci, kızamık, suçiçeği ve diğer birçok viral hastalığa karşı korumada uygulanmaktadır. Aşı sağlıklı bireylere uygulanır.

Kazanılmış Pasif Bağışıklık

- Başka bir canlıda üretilmiş olan antikorların insan vücuduna aktararak bağışıklık kazanılmasına **pasif bağışıklık** denir. Bağışıklık aktarılmış antikorların ömrü kadar (birkaç hafta ile birkaç ay) devam eder.
- Pasif bağışıklık doğal ya da yapay olarak iki şekilde kazanılabilir. Doğal olarak hamile bir kadının kanındaki antikorların fetüse geçmesiyle fetus pasif bağışıklık kazanmış olur. Bu antikorlar, özgül oldukları patojenle karşılaşınca hemen tepki verir. Doğumdan sonra ise emzirme yoluyla pasif bağışıklık doğal yollarla sağlanmış olur. Anne sütündeki antikorlar, bu yolla bebeğe geçerek bebeği belli bir süre hastalıklardan korur.
- Yapay yolla pasif bağışıklık serumla sağlanabilir. **Serum**, belirli bir antijen için antikor üretmiş genellikle koyun ya da at olmak üzere başka bir canlıdan elde edilir. Aynı antijenle enfekte olmuş kişiye serum verilip antijenler etkisiz hâle getirilerek tedavi sağlanmış olur.

Alerji ve Otoimmün Hastalıklar

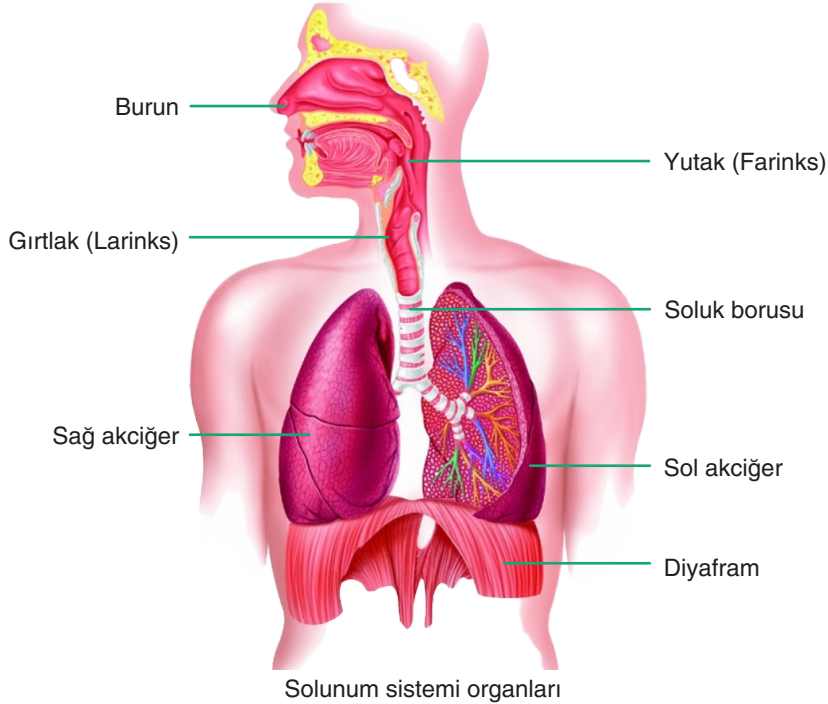
- İnsan vücudunda alerjik reaksiyon başlatabilen polen, yer fıstığı vb. maddelere **alerjen** denir. **Alerji**, alerjen denilen antijenlere karşı bağışıklık sisteminin verdiği aşırı duyarlı tepkidir. Alerji; burun akıntısı, hapşıрма, gözlerde yaşarma, zor nefes alma gibi belirtileriyle kendini gösterir. Saman nezlesi olarak bilinen alerjide B hücrelerinde oluşan plazma hücreleri, polen tanelerindeki antijenlere karşı özgül antikorlar üretir. Polen taneleri vücuda girdikten sonra antijenlerle antikorlar tutunur. Mast hücreleri uyarılarak histamin ve yangı oluşturan diğer kimyasalların salgılanması sağlanır. Yumurta, süt gibi besinler, aşılar, antibiyotikler, kozmetik ürünler, polenler, toz, bakteriler, arı zehri gibi birçok farklı etkene karşı alerji oluşabilir.
- Bağışıklık sisteminin vücudun kendi moleküllerine saldırması sonucu **otoimmün hastalıklar** ortaya çıkar. Eklem romatizması, tip I diyabet, multiple skleroz, graves hastalıkları otoimmün hastalıklara örnek verilebilir.
- Genetik yatkınlık, cinsiyet, yaşanan çevre otoimmün hastalıkların görülme sıklığını etkiler. Stres, yetersiz beslenme, aşırı yorgunluk bağışıklık sistemini etkileyen diğer faktörler arasındadır. Yeterli ve dengeli beslenme, düzenli egzersiz, dinlenme ve uyku, doğru nefes alıp verme kan akışını hızlandırdığı için bağışıklık sistemini olumlu etkiler.

SOLUNUM SİSTEMİNİN GENEL YAPISI



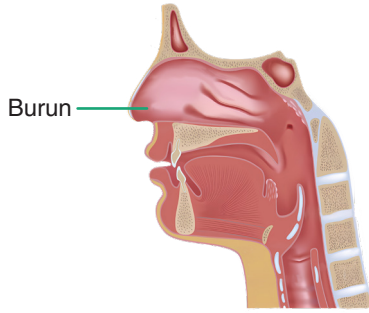
Solunum Sisteminin Genel Yapısı ve Görevleri

- Canlıların hayatta kalabilmeleri için en önemli faktör enerji üretebilmeleridir. Hücresel solunum ile ATP sentezlenmesi için oksijen alınıp karbondioksitin atılması önemlidir. Solunum sisteminin en önemli görevi dışarıdan alınan havanın iletilmesi ve kan ile gaz değişiminin yapılmasıdır.
- Solunum sistemi organları; **burun**, **yutak (farinks)**, **gırtlak (larinks)**, **soluk borusu (trake)** ve **akciğerlerden** oluşur. Göğüs kafesi, kaburgalar arası kaslar, diyafram ile akciğerlerin elastik ve kolajen yapıları da soluk alıp vermede etkilidir.



DİKKAT

Dışarıdan alınan oksijenin dokulara, dokularda biriken karbondioksitin akciğere taşınması dolaşım sistemindeki damarlar aracılığıyla gerçekleşir.

Burun

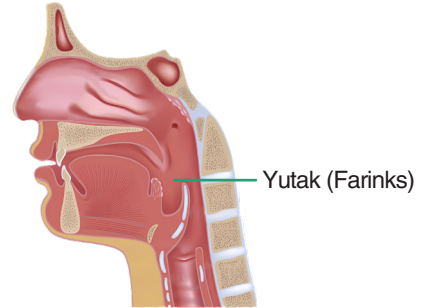
- Burun, solunum sisteminin dış ortamla bağlantısını kurar.
- İç yüzeyindeki epitel dokuda bulunan kıllar ve mukus tabakası alınan havayı tozdan ve mikroplardan arındırır, nemlendirir ve ısıtır. Burun boşluğunda epitel doku altında yer alan zengin kılcal damar ağı ile de alınan hava ısıtılır.
- Burun aynı zamanda koklama duyusu olarak görev yapar.

**DİKKAT**

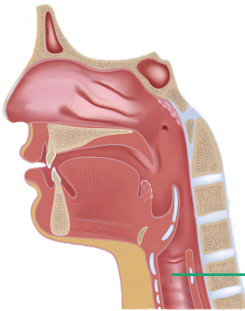
Burun yollarının tahriş olması, hapşırma refleksine neden olur. Burun yollarındaki duyuşal refleks, omurilik soğanına ulaştığında büyük miktarda hava hızla burundan dışarı doğru itilir ve burundaki yabancı maddelerin dışarı atılması sağlanır.

Yutak ve Gırtlak

- Burun boşluğundan geçen hava yutağa gelir. Yutak, ağız yoluyla alınan besinleri yemek borusuna iletirken burundan alınan havayı soluk borusuna iletir.
- Yutak östaki borusu yoluyla orta kulakla da bağlantılıdır.

**HATIRLAYALIM**

Yutağın mikroplar, alerji, kuru hava, aşırı sıcak veya soğuk, asitli yiyeceklerin tüketimi ve sigara kullanımı gibi sebeplerle iltihaplanması ya da tahriş olması **faranjit hastalığına** neden olur.

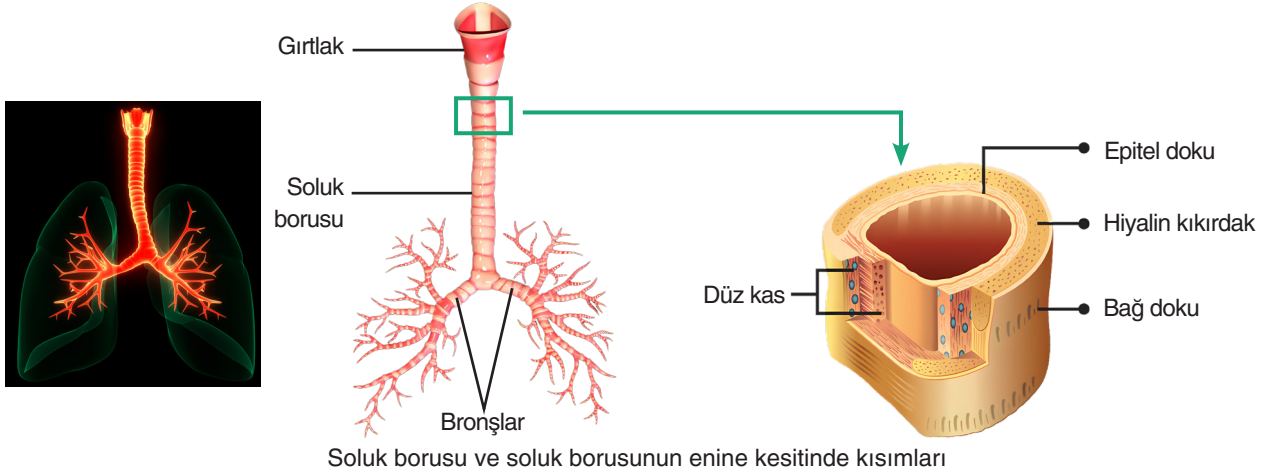


- Gırtlak, yutaktan gelen havayı soluk borusuna iletir. Kıkırdaktan yapılmıştır ve besinin yutulduğu an hariç her zaman açıktır.
- İç yüzeyi epitel hücrelerin oluşturduğu mukoza tabakası ile kaplıdır ve mukoza tabakası mukus üretimi, havanın iletilmesi ve sesin oluşmasında görevlidir.
- Besin yutulurken **gırtlak kapağı (epiglottis)** gırtlakı kapatır ve besinin soluk borusuna kaçmasını engeller.
- Gırtlakta ses telleri vardır. Konuşmak için akciğerden geçen hava, ses tellerini titreştirir ve ses oluşur.
- Gırtlakta, hava yolunun açık tutulmasına destek olan **hiyalin** ve **elastik** kıkırdaklar bulunur. Kıkırdaklar dıştan bağ doku ve iskelet kasları ile sarıdır. Gırtlakın hareketi kaslarla sağlanır.

**HATIRLAYALIM**

Soğuk algınlığı, reflü ve alerji hastalıkları, sesin bilinçsiz kullanılması ve sigara kullanımı gibi nedenlerle ses telleri iltihaplanabilir. Gırtlakın iltihaplanması ile **larenjit (gırtlak iltihabı)** oluşur. Larenjit, ses kısıklığına ve konuşma kaybına neden olabilir.

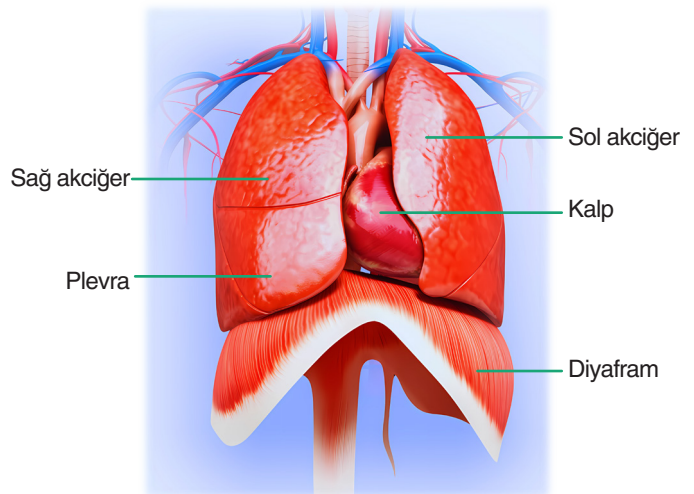
Soluk Borusu



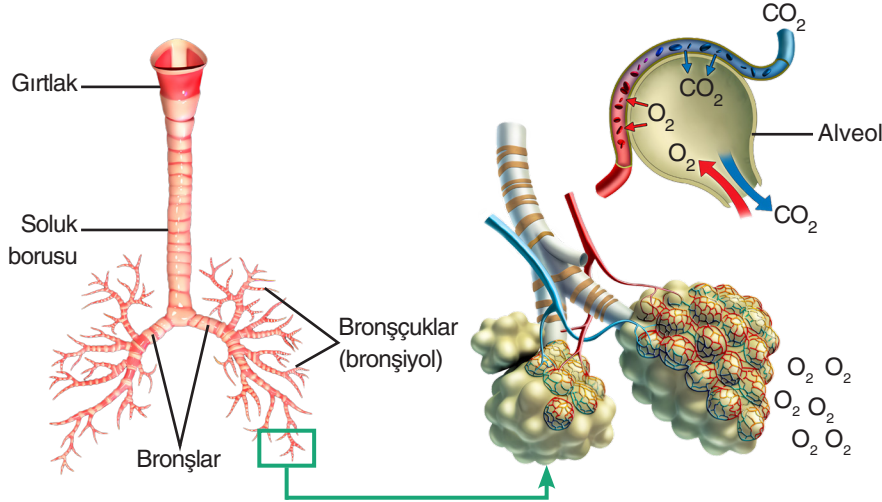
- Soluk borusu (trake); gırtlak ile akciğerler arasında alınan havayı akciğerlere ileten, boyundan akciğere kadar ulaşan solunum sistemi organıdır. Dış kısmı bağ doku, düz kas ve kıkırdaklar; iç kısmı aralarında mukus salgılayan goblet hücrelerinin de bulunduğu silli epitel dokudan oluşur.
- Mukus;** soluk borusunu nemlendirirken havayla gelen tozlar, yabancı maddeler ve mikroplar tutularak dışarı atılır. Soluk borusunda yer alan C harfi şeklindeki kıkırdak halkalar, soluk borusunun sürekli açık kalmasını ve soluk alıp vermenin sürekliliğini sağlar. Kıkırdak halkaların serbest uçları düz kaslarla birbirine bağlıdır. Bu halkalar, soluk borusunun gergin ve sürekli açık kalmasını sağlar.
- İç yüzeyini döşeyen silli epitel doku; burun boşluğunu geçebilen toz, polen ve yabancı madde parçacıklarını tutup akciğere ulaşmasını önler.
- Epitel hücreler, antimikrobik etki göstererek hava iletim yollarını enfeksiyonlardan koruyan çeşitli moleküller salgılar. Epiteldeki özel hücreler ve salgı bezleri tarafından salgılanan bu salgı, siller üzerinde ince bir mukoza tabakası oluşturarak ortamın nemli kalmasını sağlar. Sillerin dışa doğru tek yönlü hareketi, tutulmuş yabancı maddeleri geriye doğru iterek mukusla birlikte (balgam) dışarı atılmasını sağlar.
- Soluk borusu iç kısmında bulunan sillerin yüzeyindeki partikülleri uzaklaştıracak yeterli hava akımı sağlanamadığında alveollerde bulunan akyuvarlar, yabancı maddeleri fagositozla yok eder. Ancak gelen partikül çok ise akyuvar savunması yetersiz kalır. Yangı (iltihaplanma) gelişebilir. Örneğin; kömür madenlerinde çalışanlar, çok miktarda kömür tozu solumak zorunda kaldıklarından **“silikozis”** denilen akciğer hastalığına yakalanabilmektedirler.

Akciğerler

- Akciğerler göğüs boşluğunda sağ ve sol akciğer olmak üzere iki tanedir. Karın boşluğundan diyaframla ayrılır. Sol akciğer, alt kısmında kalp bulunduğu için sağ akciğere göre daha küçüktür. Bu nedenle sağ akciğer 3, sol akciğer ise 2 lopludur.
- Akciğerlerin üzerini **plevra (pleura, plöra)** denilen iki katlı, ince parlak bir zar örter. İki zar arasında bulunan **plevra sıvısı** ile zarlar birbirine yapışık-tır. Plevra sıvısı, sürtünmeden doğacak zararları önleyerek akciğerlerin göğüs boşluğunda rahatça genişleyip daralmasını sağlar. İki zar arasında basınç düşüktür ve içine hava girmez. Bu durum soluk alma olayını kolaylaştırır.
- Akciğerlerin yapılarında **bronş, bronşçuk** ve gaz değişimini sağlayan **alveoller** denilen özelleşmiş birimler vardır.



- Soluk borusunun sağ ve sol akciğere giren alt ucu iki kola ayrılarak **bronş** denilen yapıları oluşturur. Her bronş, bir akciğere girerek havayı akciğere iletir. Bronşların iltihaplanması **bronşit hastalığı**na neden olur.
- Bronşlar akciğerlerin içinde dallanmalar yaparak **bronşçukları (bronşiyol)** meydana getirir. Bronşçuklarda kıkırdak doku bulunmaz, düz kaslar bulunur.
- Bronşçukların dallanmasıyla uç kısmında **alveol** adı verilen milyonlarca hava keseciği bulunur.



Alveoller

- Akciğerlerdeki solunum yüzey alanını genişletmiştir.
- Tek katlı yassı epitel dokudan oluşur.
- Üzerleri kılcal damar ağı ile çevrilidir.
- Bu kılcal damarlar gaz değişiminin gerçekleştiği yapılardır.



DİKKAT

Alveollerde epitel hücrelerin yenilenmesinden ve sürfaktan maddesinin salgılanmasından sorumlu hücreler bulunur.

Sürfaktan Maddesinin Özellikleri

- Solunumu kolaylaştırır.
- Soluk verme sırasında alveollerin sönmesini önler.
- Kılcal damarlardan alveollere fazla sıvı girişini dolayısıyla solunumla fazla sıvı kaybını engeller.

SOLUK ALIP VERME MEKANİZMASI VE KONTROLÜ

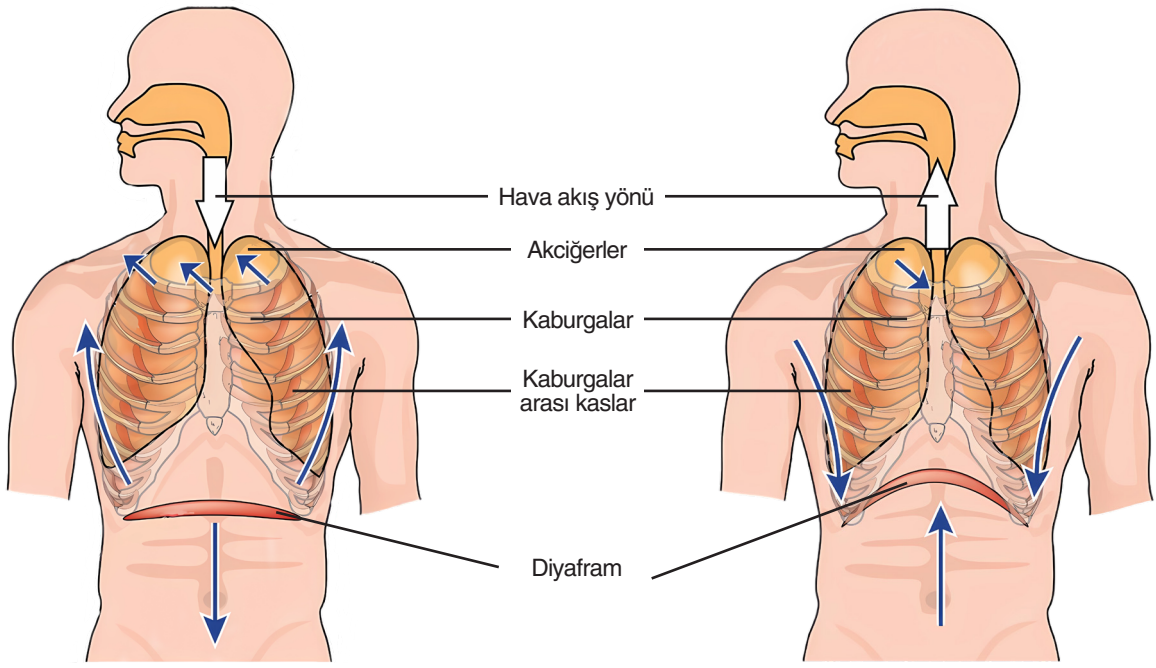
Soluk Alıp Verme Mekanizması

- Diyafram ve kaburga kaslarının kasılıp gevşemesiyle gerçekleşen gaz değişimine **soluk alıp verme** denir. Akciğerler kasılıp gevşeme özelliğine sahip olmadığından soluk alıp vermeyi kendiliğinden gerçekleştiremez.
- Soluk alıp verme akciğerlerdeki basınç değişimlerine bağlı olarak akciğerlerin hacminin artması ve azalması sonucu gerçekleşir. Göğüs boşluğundaki hacim değişikliklerinde **diyafram** ve **kaburga** kaslarının kasılıp gevşemesi etkilidir.
- Diyafram, göğüs boşluğunu karın boşluğundan ayıran iskelet kaslarından oluşan kaslı yapıdır. Kubbe şeklindeki diyaframın göğüs boşluğuna bakan tarafı dışbükeydir. Göğüs boşluğunun ön duvarı ise kaburgalar, kaburgalar arası kaslar ve göğüs kemiğinden oluşan göğüs kafesi ile çevrelenmiştir.



DİKKAT

Yetişkin bir insan dakikada ortalama 12 kez soluk alıp verir. Bu olay, omurilik soğanındaki solunum merkezinden gönderilen impulsların etkisiyle gerçekleşir.



Soluk Alma (İnspirasyon)

Soluk Verme (Ekspirasyon)

Kaburgalar arası kaslar kasılır.

Diyafram kası kasılarak göğüs boşluğunu karın boşluğuna doğru genişletir.

Karın boşluğunda hacim azalırken iç basınç artar.

Akciğerlerdeki hacim artar, iç basınç azalır. Göğüs kafesi genişlemiştir.

Atmosfer basıncı akciğerlerdeki basınçtan yüksek olduğundan hava akciğerlere dolar.

Kaburgalar arası kaslar gevşeyip aşağı doğru inerek göğüs kafesini daraltır.

Diyafram kası gevşeyerek yukarı doğru kubbeleşir ve göğüs boşluğunun hacmi azalır.

Akciğerlerin hacmi azalırken iç basıncı artar.

Atmosfer basıncı akciğerlerdeki iç basınçtan düşüktür ve akciğerlerdeki hava dışarı atılır.

Atmosfer basıncı akciğerlerdeki iç basınçtan düşüktür ve akciğerlerdeki hava dışarı atılır.

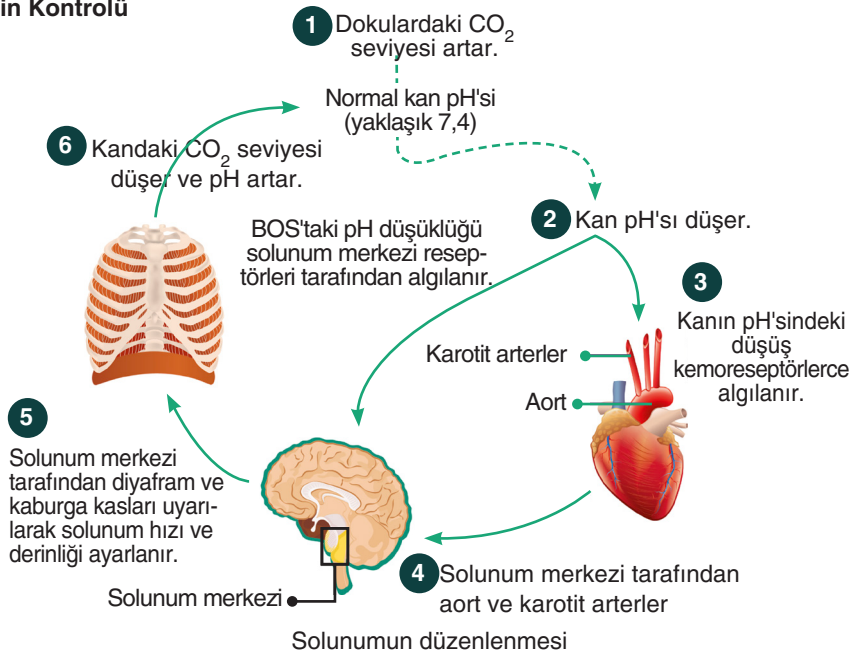
**DİKKAT**

Soluk alma sırasında alveollerdeki oksijen yoğunluğu artar. Oksijen, alveolleri saran kılcal damarlardan difüzyonla kana geçerken kandaki karbondioksit alveollere geçer.

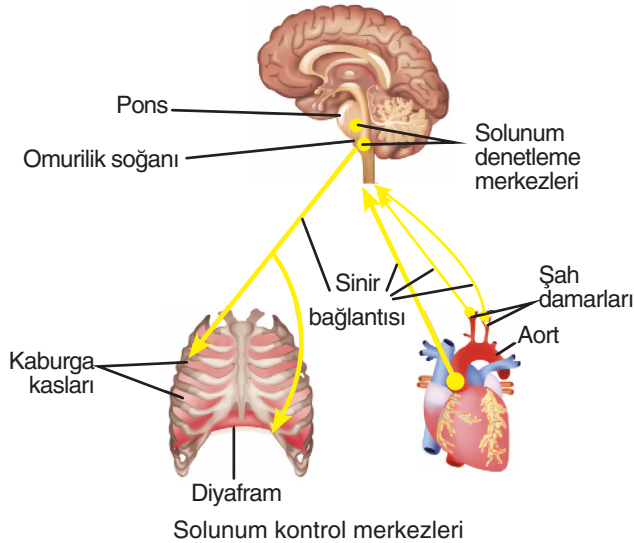
**DİKKAT**

Soluk verme, akciğerlerin ve göğüs kafesinin elastik geri çekilme özellikleri ile oluşur. Buna **geri yaylanma basıncı** denir.

Soluk Alıp Vermenin Kontrolü



- Nefes tutulur ya da hızlı ve derin soluk alıp verilerek solunum kısa bir süre için istemli olarak kontrol edilebilir. Ancak soluk alıp verme merkezi sinir sisteminin istemsiz bir fonksiyonu olarak gerçekleşir.
- Solunumun düzenlenmesinde sinir sistemi ve dolaşım sistemi birlikte görev alır. Sinir sistemi kısmında omurilik soğanı ve pons solunum ritmini düzenler.
- Soluk alıp verme, solunum merkezindeki kemoreseptörler sayesinde kontrol edilir. Kemoreseptörlerin verdiği cevap kandaki karbondioksit miktarındaki değişikliklere bağlı olduğundan soluk alıp vermenin kontrolünde kandaki karbondioksit yoğunluğu önemlidir.



- Omurilik soğanı, solunumu düzenlerken çevresinde bulunan beyin omurilik sıvısının (BOS) pH'sini dikkate alır. Kanda bulunan CO_2 , BOS'a geçerek burada su ile tepkimeye girip karbonik asidi (H_2CO_3) oluşturur.
- Karbonik asit, bikarbonat (HCO_3^-) ve hidrojen (H^+) iyonuna ayrışır. Oluşan H^+ iyonları kanın pH'sinin değişmesine sebep olarak omurilik soğanını uyarır. Bu pH değerindeki düşüşten kanda CO_2 düzeyinin arttığı anlaşılır.
- Uyarılan omurilik soğanından, kaburga kaslarına ve diyaframa sinirsel uyarılar gönderilir. Bu şekilde, soluk alıp vermenin hızı ve derinliği artırılır.
- CO_2 'in fazlası, solunumla uzaklaştırılarak kan pH'sinin normale dönmesi sağlanmış olur. Kanda bulunan oksijenin solunum kontrol merkezlerini uyarma etkisi çok azdır.

SOLUNUM GAZLARININ TAŞINMASI

Solunum Gazlarının Taşınması ve Hemoglobin

- Doku kılcalları ile doku sıvısı arasındaki oksijen ve karbondioksitin kısmi basınç farklılıkları nedeniyle karbondioksit doku sıvısından kana, oksijen doku kılcalından doku sıvısına difüze olur.
- Oksijen ve karbondioksitin büyük çoğunluğu kandaki alyuvarda bulunan hemoglobin yardımıyla taşınır. Hemoglobin solunum gazları ile tersinir (çift yönlü tepkime) bir şekilde bileşik oluşturur. Bir alyuvarda yaklaşık 250 milyon hemoglobin molekülü bulunur.
- Kanın oksijen taşıma kapasitesini artıran hemoglobin dört polipeptit zincirinden oluşur. Bu polipeptit zincirlerinin her birinde hem grubu adı verilen ve merkezinde demir atomu bulunduran bir kofaktör yer alır. Hem grubu kana kırmızı rengini verir. Her demir atomu bir molekül oksijen bağlar. Bu sayede bir hemoglobin molekülü, dört molekül O_2 taşır. Bir alyuvar yaklaşık 1 milyar O_2 taşıyabilir. Hemoglobin molekülü, oksijeni tersinir olarak bağladığından akciğerlerden aldığı oksijeni vücudun diğer noktalarında bırakabilir.

Kanda Oksijen Taşınması

- Alveollerden difüzyonla akciğer kılcal damarlarına geçen oksijenin %3'ü kan plazmasında çözünmüş olarak %97'si ise alyuvarlardaki hemoglobinle taşınır.

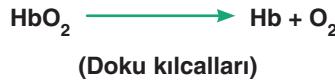
! DİKKAT

Oksijenin kısmi basıncının yüksek olduğu yerlerde, akciğer alveol kılcallarında, hemoglobin molekülü O_2 bağlar. Oksijen basıncının düştüğü yerlerde, doku kılcallarında hemoglobin O_2 'nin çoğunu serbest bırakır.

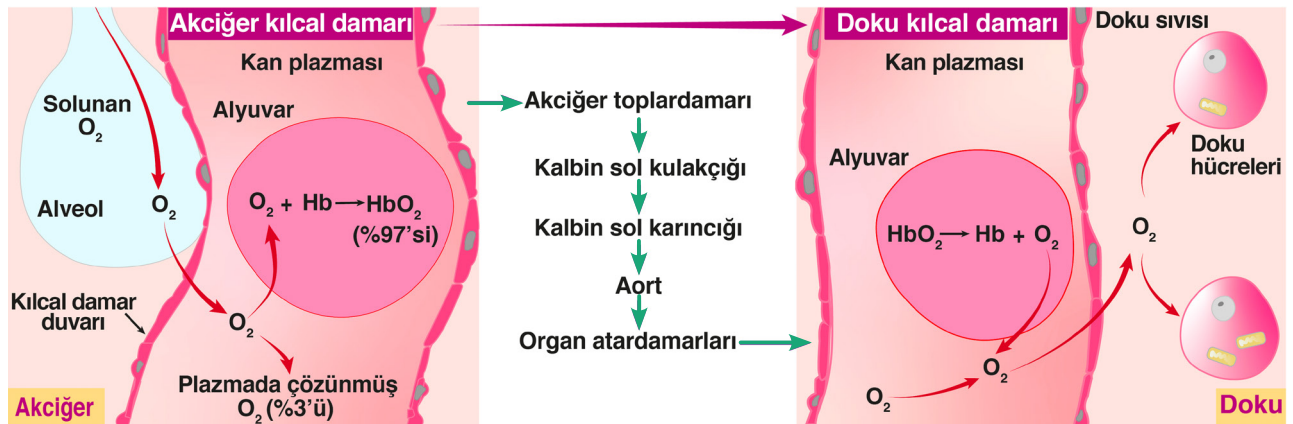
- Oksijen bağlamış hemoglobine **oksihemoglobin** (HbO_2) denir.



- Plazmada çözünmüş olarak ve oksihemoglobin şeklinde alyuvarlarda taşınan oksijen, akciğer toplardamarları ile kalbe gelir. Kalpten aort atardamarı ve bundan ayrılan atardamarlarla doku ve organlara gelen oksijen doku kılcallarında hemoglobinden ayrılır.

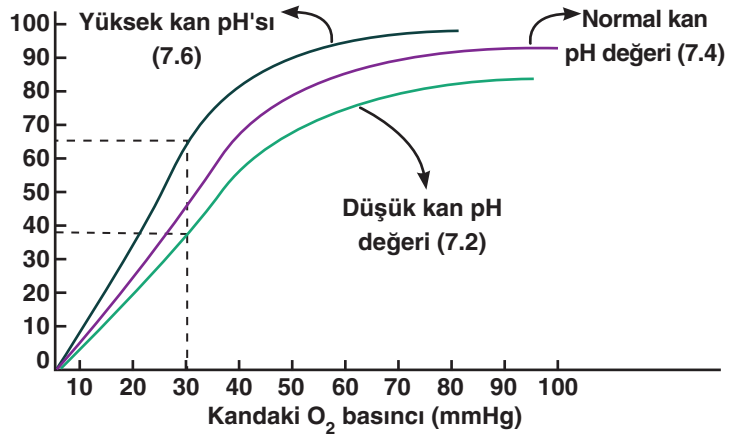


- Oksijen alyuvardan çıkarak kan plazmasına, oradan da difüzyonla doku sıvısına ve doku hücrelerine geçer.



Oksijenin kanda taşınması ve dolaşım sisteminde izlediği yollar

Oksijenin hemoglobinden ayrılmasında doku hücrelerinde solunum reaksiyonları sonucu açığa çıkan karbondioksit etkilidir. Doku kılcallarına geçen karbondioksit su ile birleşerek karbonik asiti (H_2CO_3) oluşturur. Karbonik asit, bikarbonat (HCO_3^-) ve hidrojen iyonuna (H^+) ayrışır. Hidrojen iyonları 7,4 olan kan pH'sını düşürür. Ortam pH'sinin düşmesi de hemoglobinin O_2 'ye olan ilgisini azaltarak oksijeni serbest bırakmasını sağlar. Hemoglobinin işlevi üzerine pH değerinin etkisine **Bohr kayması (Bohr etkisi)** denir.



Hemoglobinin işlevi üzerine pH değerinin etkisi



DİKKAT

Deniz seviyesinden yükseklerle çıkıldıkça atmosfer basıncı dolayısıyla oksijenin kısmî basıncı düşer. Bu durumda hemoglobin tarafından tutulan oksijen miktarı azalır. Soluk alıp verme hızı artar. Zamanla kandaki alyuvar sayısı artarak yüksek rakımlı yerlerde yaşamaya uyum sağlanır.

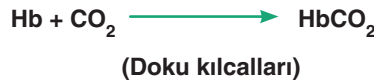


KRİTİK BİLGİ

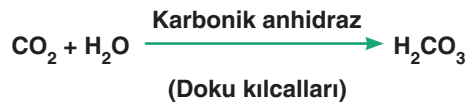
Vurgun denizlere dalan kişilerde görülür. Dalgıcın tüpten soluduğu azot gazı, basıncın etkisiyle sıvılaşır. Dalgıç aniden su yüzeyine dönerse hücre içi ya da hücre dışı vücut sıvılarında çok miktarda azot kabarcıkları oluşur. Bu gaz kabarcıklarının kan damarlarını tıkamasiyla bacak ve kolların eklem yerlerinde ağrı, baş dönmesi, felç belirtileri görülür. Vurguna yakalanan kişilerin bir kısmında boğulma görülebilir. Dalgıç, yüzeye yavaşça çıkarsa erimiş azot, vurgun oluşmasını önlemeye yetecek hızla akciğerlerden soluk verme ile atılır.

Kanda Karbondioksit Taşınması

- Hücrelerde üretilen karbondioksit difüzyonla doku sıvısına oradan da doku kılcallarına geçer. Karbondioksitin yaklaşık %7'lik kısmı kan plazmasında çözünmüş olarak taşınırken %93'ü alyuvarların içine girer. Alyuvarlara giren karbondioksitin %23'ü hemoglobinle birleşerek **karbaminohemoglobin** ($HbCO_2$) şeklinde taşınır.



- Geri kalan %70'lik kısım ise alyuvarlarda bulunan karbonik anhidraz enzimi etkisi ile su ile birleşerek karbonik asiti (H_2CO_3) oluşturur.
- Karbonik asit, hidrojen iyonu (H^+) ve bikarbonat iyonuna (HCO_3^-) ayrışır. Hidrojen iyonlarının çoğu hemoglobine bağlanırken bikarbonat iyonları da kan plazmasına geçer.

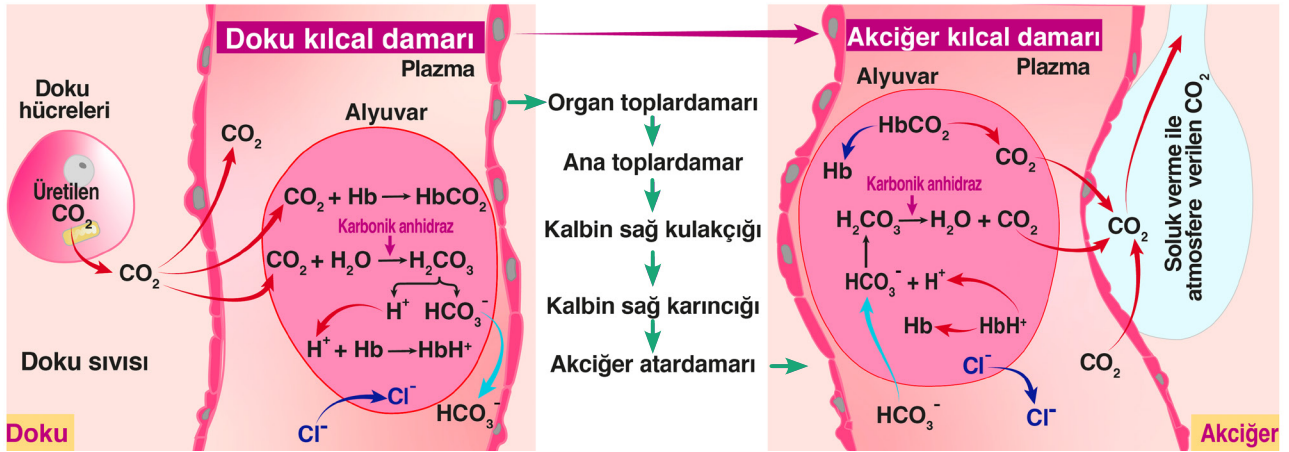
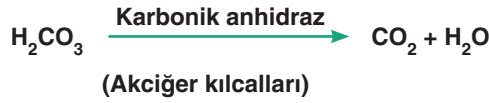


- Doku kılcallarında taşınan karbondioksit, buradaki toplardamarlara geçerek alt ve üst ana toplardamarlarla kalbe, oradan da akciğer atardamarı ile akciğerlere gider.
- Akciğer kılcallarına geldiğinde doku kılcallarında gerçekleşen olayların tersi gerçekleşir.

- Plazmada çözülmüş olarak taşınan karbondioksit alveollere geçer. Hemoglobin tarafından tutulan karbondioksit hemoglobinden ayrılır, önce kan plazmasına oradan da alveollere geçer.



- Kan plazmasında akciğer kılcallarına kadar gelen bikarbonat iyonları tekrar alyuvarın içine girer. Alyuvardaki klorür iyonları da plazmaya geçer. Alyuvardaki hidrojen iyonları hemoglobinden ayrılır. Hidrojen iyonu ve bikarbonat iyonu birleşerek karbonik asit oluşturur. Karbonik asit tersinir özellik gösteren karbonik anhidraz enzimi ile karbondioksit ve suya ayrılır. Karbondioksit alyuvarlardan kan plazmasına, oradan da alveollere geçer. Soluk verme olayı ile dışarı atılır.



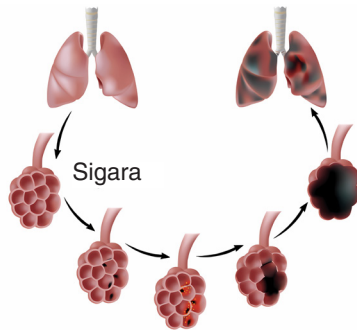
Kanda karbondioksitin taşınması ve dolaşım sisteminde izlediği yollar

SOLUNUM SİSTEMİ HASTALIKLARI VE SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

Solunum Sistemi Hastalıkları

KOAH (Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı)

- KOAH akciğere alınan havanın bronş adı verilen hava yollarındaki daralmaya bağlı olarak kolayca dışarı verilememesidir.
- En önemli nedeni sigara içmek veya sigara dumanından pasif olarak etkilenmektir. Solunan tahriş edici maddeler, solunum yolu epitelindeki hücrelerin yapısının bozulmasına ve aşırı mukus salgılanmasına neden olur. Solunan patojenler hava yolu salgılarına yerleşir ve hızla çoğalır.



Sigara nedeniyle akciğer alveol yapısının bozulması

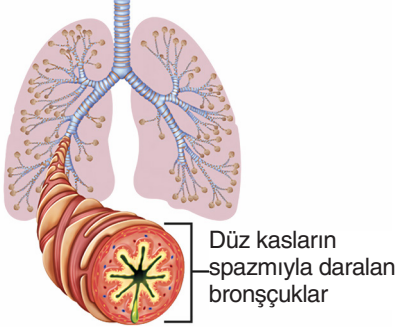
- Hastalığın oluşumuna neden olan diğer faktörler; toz, duman ve zararlı gazlara maruz kalmak, hava kirliliği, uygun olmayan diyet, düşük sosyoekonomik durum ve genetik faktörler nedeniyle akciğer tahribatını önleyen faktör eksikliği sayılabilmektedir.
- Kronik bronşit rahatsızlığında bronş yolları iltihaplanarak daralır. Kronik bronşit rahatsızlığında balgam ve öksürüğün yanı sıra nefes darlığı, hırıltılı solunum, bacaklarda güçsüzlük, çabuk yorulma, uzun süren solunum yolu enfeksiyonları hastalığın belirtileri olabilir. Hastalığın tespiti için “**nefes ölçüm testi**” yapılmaktadır.

Amfizem

- Amfizem, bronşları tahriş eden duman ve partiküller nedeniyle gelişen kronik enfeksiyondur.
- Hastalıkta aşırı mukus salgılanması uyarılır ve makrofajların enfeksiyonla savaşında etkinlikleri azalır. Amfizem nedeniyle oluşan ödem ve aşırı mukus, akciğerdeki hava yollarının tıkanmasına sebep olur. Alveoller gerilir, buna bağlı olarak alveol duvarlarında hasar oluşur. Hasarlı alveollerden oksijen difüzyonu azaldığından solunan havadaki oksijenden yeterince yararlanılamaz. Kanın oksijen seviyesi düşer ve vücudun oksijen gereksinimini artıran durumlar hastayı nefessiz bırakır.
- Amfizem; endüstriyel tozları soluyan meslek gruplarında, tütün mamülleri dumanına ve hava kirliliğine maruz kalanlarda uzun süreli tahrişten kaynaklanır.

Astım

- Solunum yollarının daralmasıyla ortaya çıkan genetik ve çevresel etkenlerin birlikte neden olduğu bir hastalıktır.
- Hırıltılı solunum, nefes darlığı, göğüste sıkışma görülür.
- Nedenleri kişiye göre değişmekle birlikte alerji, viral enfeksiyonlar ve çevresel faktörlere duyarlılık da etkili olabilir.
- Duygusal bozukluklar, egzersizler, soğuk hava ve tütün mamüllerinin dumanı da astım oluşmasında etkilidir.



Astımlı kişilerde daralan bronşçuklar nedeniyle nefes almakta zorlanma görülür.

Verem (Tüberküloz)

- Mycobacterium tuberculosis* (Mikobakteriyum tüberkülozis) bakterisinin neden olduğu bulaşıcı bir hastalıktır. Genellikle solunum yoluyla vücuda giren bakteri önce akciğere yerleşir. Tedavi edilmezse kan yoluyla vücuda yayılır ve beyin, omurga, eklemler, böbrek, karaciğer gibi organları da enfekte edebilir.
- Verem; hapsirme, öksürme, konuşma ile havaya karışan bakterilerin solunum yolu ile sağlıklı insanın akciğerlerine ulaşması ile bulaşır. Aşı ile koruma sağlanmaktadır.
- Verem tedavi edilebilir ve önlenabilir bir hastalıktır. Önlem amacıyla verem aşısı (BCG aşısı), Türkiye'deki bebek ve çocukların rutin aşı takviminde yer almaktadır. Hastalıktan korunmak ve hastalıkların yayılmasını önlemek için evlerin temiz ve güneş görür olması, havalandırılması, hasta bireylerden sakınılması gerekir.

Akciğer ve Gırtlak Kanseri

- Normal akciğer doku hücrelerinin ihtiyaç ve kontrol dışı çoğalarak akciğer içinde bir tümör oluşturmalarıdır.
- En sık görülen belirtileri geçmeyen veya giderek kötüleşen öksürük, öksürürken kan veya kanlı balgam çıkarmak; derin nefes alırken, öksürürken veya gülerken hissedilen göğüs ağrısı; iştahsızlık, halsizlik, yorgunluk, kilo kaybı, ses kısıklığı, nefes darlığı, sürekli tekrarlanan ya da geçmeyen bronşit, zatürre gibi akciğer enfeksiyonlarıdır.

- Akciğer kanseri, sigara içme oranının yüksek olması nedeniyle tüm dünyada en sık görülen organ kanserlerindendir. Asbeste ve radyoaktif gazlara ya da radyoaktif maddelere maruz kalmak, bazı kanserojen etkileri bilinen kimyasal maddeleri uzun süreli solumak, verem hastalığına yakalanmak, kanser geçmişine sahip olmak, hava kirliliği ve aile öyküsü akciğer kanserinin risk faktörleridir.
- Gırtlak kanseri de sigara içimine bağlı olarak gelişen kanser türlerindendir. Kanserojen maddeler, gırtlak hücrelerinin yapısının değişimine neden olur. Etkili bir tedavi için erken tanı önemlidir. Günümüzde bireye özgü gelişmiş tedavi yöntemleri uygulanmaktadır.

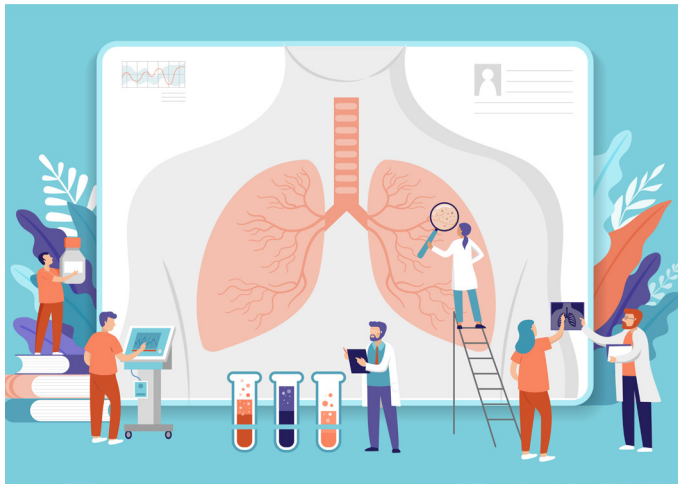
Zatürre (Pnömoni)

- Alveollerin sıvı ve kan hücreleriyle dolması sonucu oluşan akciğerin iltihaplanması ile geçirgenliğinin artması hastalığıdır. En yaygın tipi pnömokok bakterilerinin neden olduğu bakteriyel pnömonidir ve alveolde enfeksiyonla başlar. Lökosit ve eritrositler kandan alveole sızar. İltihap ve ödem alveollerin sıvı ile dolmasına neden olarak soluk alıp verme ve gaz alışverişini zorlaştırır.
- Enfeksiyon alveolden alveole bakteri ve virüslerin geçişi ile yayılır. Akciğerin geniş bir bölümü hücre artıklarıyla dolu hâle gelir. Yeterince havalanamayan akciğerlerde oksijene doygunluk azalır.
- Yaşlılar, bebekler, bağışıklık sistemini baskılayan ilaç kullananlar, tütün ve tütün mamülleri içenler; KOAH, diyabet, kalp hastalığı, böbrek yetmezliği gibi kronik hastalığı olanlar ile hamileler zatürre hastalığı bakımından risk altında olan gruplardır. Risk gruplarındaki bireylerin zatürre aşısı olmaları önemlidir.

Ülkemizde 0-4 yaş arası çocukların ölüm nedenleri arasında zatürre ilk sırada yer alır. Zatürre başlangıcındaki semptomlar üst solunum yolu enfeksiyonlarına benzediği için hastalar doktora başvurmada gecikebilir. Ateş, öksürük, üşüme, titreme, soluk alıp vermede güçlük, göğüs bölgesinde ağrı gibi belirtiler görüldüğünde doktora başvurulmalı ve zaman kaybedilmeden tedaviye başlanmalıdır.



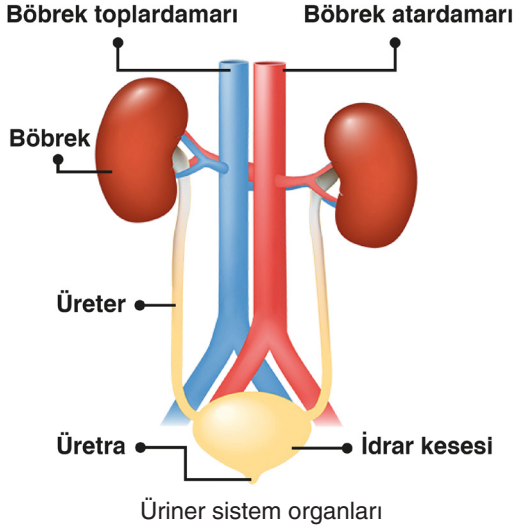
Solunum Sisteminin Sağlıklı Yapısının Korunması



- Sigardan ve sigara dumanından uzak durmak,
- Kapalı ve kalabalık ortamlarda uzun süre kalmamak, bu ortamları sık sık havalandırmak,
- Zehirli maddelerin ve partiküllerin bulunduğu ortamlarda havayı filtre eden koruyucu maskeler kullanmak,
- Hava kirliliğinden uzak kalarak temiz ve açık havada düzenli egzersiz yapmak,
- Sağlıklı ve düzenli beslenmeye önem vermek,
- Polenler, toz böcekleri (ev akarları), küf mantarları ve bazı kimyasal maddeler gibi alerjenlerin yer aldığı ortamlardan kaçınmak gereklidir.

ÜRİNER SİSTEMİN GENEL YAPISI

- Canlıların ortak özelliklerinden biri de boşaltımdır. İnsan yaşamının devamlılığı için suyun ve çözünmüş iyonların vücuda alınmasının veya kaybedilmesinin düzenlenmesi önemlidir. Fazla miktarda su alınması veya vücuttan fazla su kaybedilmesi ölüme neden olabilir.
- Vücuttaki su dengesi boşaltım sistemiyle sağlanır. Vücutta metabolik faaliyetler sonucu oluşan, tekrar kullanılmayan ve vücut için zararlı olabilen maddelerin vücut dışına atılmasına **boşaltım** adı verilir. Boşaltım, hücrelerin ve organizmanın canlılığını devam ettirebilmesi ve homeostazinin devamlılığının sağlanması için önemlidir.



Boşaltımda metabolizma atıkları su, karbondioksit (CO_2), amonyak (NH_3), üre [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] ve ürik asittir ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$). Su; akciğerler, böbrekler ve deri yoluyla dışarıya verilir. Amonyakın vücuttan atılabilmesi için çok fazla suya ihtiyaç duyulur. Vücudun su kaybetmesi, homeostatik dengenin bozulmasına sebep olacağından amonyağın büyük kısmı karaciğerde üreye ve bir kısmı da ürik aside çevrilerek vücuttan atılır. İnsanda amonyağın bir kısmı, tuzların fazlası, su ve ilaç gibi maddeler, ana azotlu atık olan üre, idrar şeklinde böbreklerden atılır.



DİKKAT

Canlılarda azotlu boşaltım ürünlerinin zehirlilik oranı çoktan aza doğru; amonyak, üre ve ürik asit şeklindedir. Bu atıkları vücuttan uzaklaştırması için gerekli olan su miktarı da çoktan aza doğru amonyak, üre ve ürik asit şeklindedir.

Amonyakın üreye dönüştürülmesi karada yaşayan canlılar için boşaltımla atılacak su miktarının azalması anlamına gelir. Bu olay kara canlılarında önemli bir adaptasyondur.

ÜRİNER SİSTEMİN GÖREVLERİ

Üriner sistem;

- Kan hacmi ve basıncının, pH'sinin düzenlenmesine,
- Kan plazmasındaki mineral ve iyonların yoğunluğunun ayarlanmasına,
- Yabancı maddelerin ve metabolik atıkların vücuttan uzaklaştırılmasına
- D vitamininin aktiveleştirilip böylece kalsiyum iyonunun seviyesinin ayarlanmasına yardımcı olur.

Ayrıca; böbrekler amino asit, gliserol gibi karbohidrat olmayan molekülleri glikoza dönüştürerek vücudun şeker ihtiyacının karşılanmasında, toksik maddelerin vücuttan arındırılmasında karaciğere yardımcı olur.



KRİTİK BİLGİ

Oksijen seviyesi düşerse, böbreklerde üretilen **eritropoietin** hormonu kemik iliğinde alyuvar üretimini uyarır. Kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda bu hormon yeterince salgılanamadığı için alyuvar sayısında bir düşüş olur ve anemi ortaya çıkar.

ÜRİNER SİSTEMİN ORGANLARI

Böbrekler

- Böbrek; omurganın iki yanında, karın boşluğunun arkasına yerleşmiş, bel hizasında yer alan bir çift boşaltım organıdır. Böbreklerin üzeri bağ doku yapısında ince bir zarla çevrilidir.
- Kan, aorttan gelerek böbreğin ortadaki çukur kısmından böbrek atardamarı ile böbreğe girer. Böbrek atardamarı, böbreğe kan götüren dallanmalar yapar.
- Her iki böbreğin üst uçlarında piramit şeklinde endokrin bez olan böbrek üstü bezleri yer alır.

Üreter

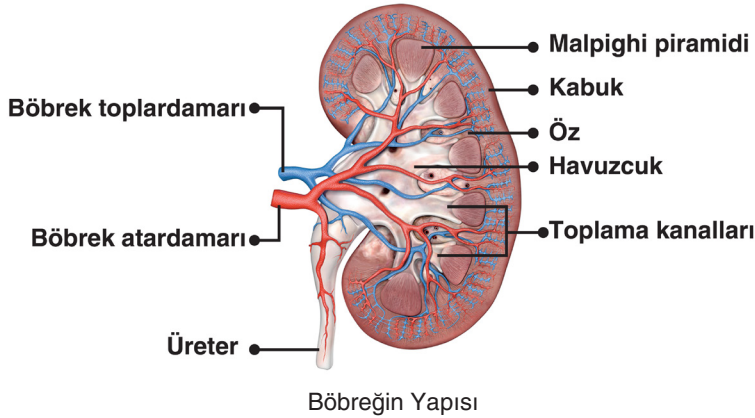
- Her böbrekten birer üreter çıkar ve idrar kesesine bağlanır.
- Böbreklerde oluşturulan idrar, üreterle idrar kesesine aktarılır.

İdrar Kesesi

- Atardamarlarla gelen kan böbreklerde süzülerek birtakım işlemlerden geçer ve idrarı oluşturur.

Üretra

- İdrar kesesinden çıkan kanala üretra denir. İdrar, idrar kesesinden üretra ile vücut dışına atılır.



Nefronların toplama kanallarının oluşturduğu piramit görünümlü yapıya **Malpighi piramidi** adı verilir. Toplama kanalları havuzcuk denilen bölgeye bağlanır ve idrarı buraya boşaltır.

Böbrek dıştan içe doğru **kabuk (korteks)**, **öz (medulla)** ve **havuzcuk (pelvis)** yapılarından oluşur.

NEFRONUN YAPISI

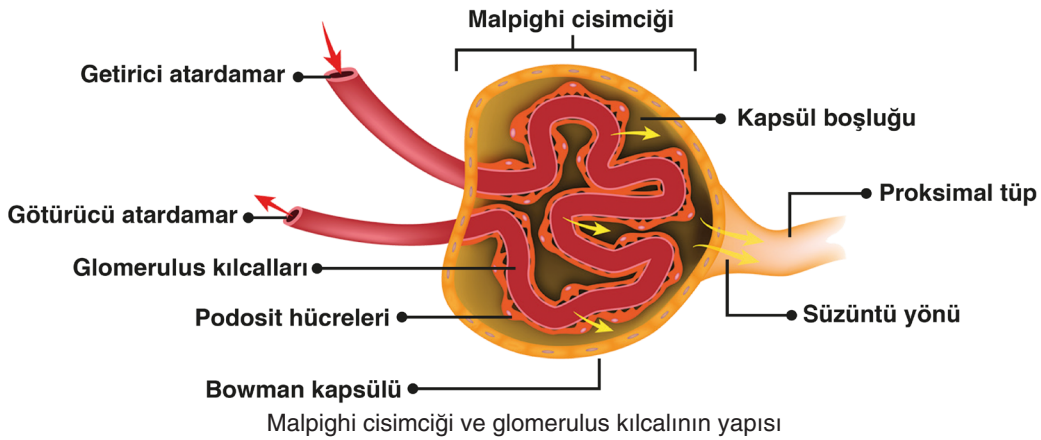
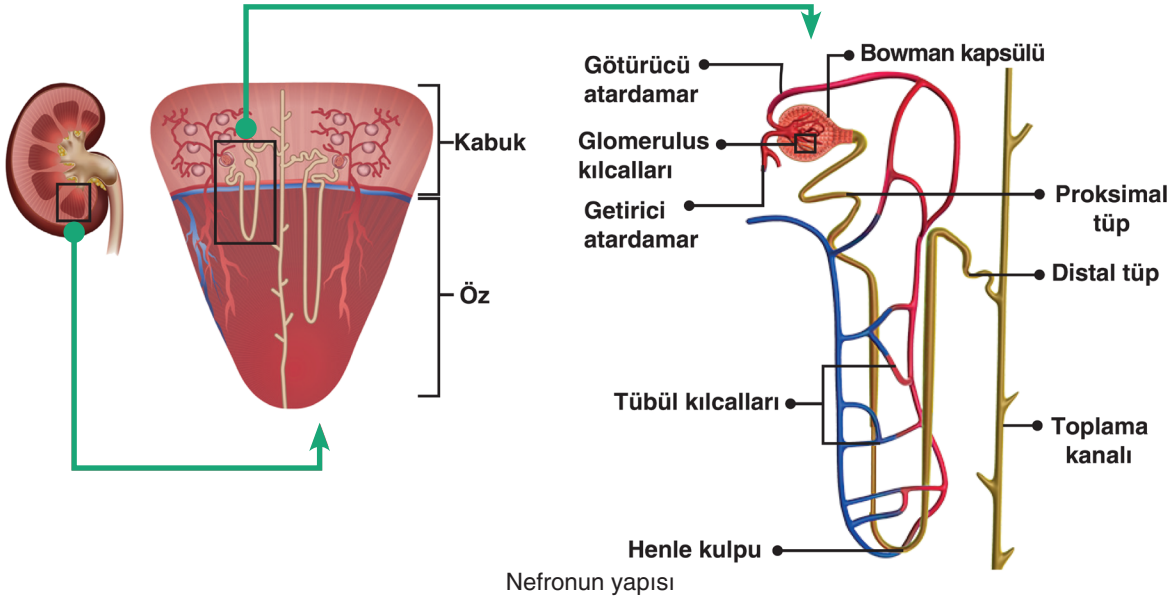
Nefronun Yapısı

Böbreklerde idrar oluşumunu gerçekleştiren en küçük yapısal birim **nefron**lardır. İnsanda her böbrek yaklaşık 1 milyon nefron içermektedir.

Nefronlar, kabuk bölgesinden başlayıp öz bölgesine kadar uzanabilir.

Bir nefron; **Malpighi cisimciği** ve **boşaltım tüplerinden** oluşur. Malpighi cisimciği ise **glomerulus kılcalları** ve **Bowman kapsülünden** meydana gelir.

Boşaltım tüpleri **proksimal tüp**, **Henle kulpu**, **distal tüp** ve **idrar toplama kanallarıdır**.



Kan, Malpighi cisimciğine **getirici atardamarla** gelir; **götürücü atardamarla** çıkar. Bu iki atardamar arasındaki kılcal damar ağına **glomerulus** denir.

Glomerulus kılcallarında kan basıncı diğer doku kılallarından çok yüksektir; bu yüksek kan basıncına dayanmak, kan proteinlerinin ve hücrelerinin kılallardan dışarı çıkışını engellemek için glomerulus kılcalları diğer doku kılallarından farklıdır.

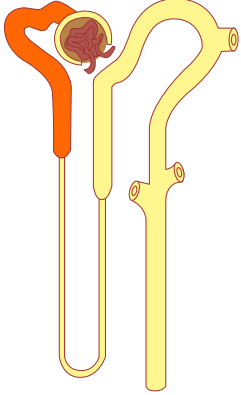
Glomerulus kılcal damarlarını Bowman kapsülü çevreler. Glomerulus kılcalları ve Bowman kapsülü birlikte **Malpighi cisimciğini** oluşturur.

**DİKKAT****Glomerulus Kılcallarının Farkları**

İki atardamar arasında yer alır.

Podosit adı verilen kapsül hücreleriyle çevrili olması sayesinde yüksek basınca dayanabilir.

Glomerulus duvarında **por** adı verilen açıklıklar sayesinde ve yüksek kan basıncının da etkisiyle su ve çözünmüş tuzlar, glikoz, amino asitler, vitaminler, azotlu atıklar ve diğer küçük moleküller damardan çıkarak Bowman kapsülüne geçer. Kan hücreleri, plazma proteinleri, yağ molekülleri gibi büyük moleküller ise kılcallardan Bowman kapsülüne geçemez.



Proksimal tüp, böbreğin kabuk bölgesine yerleşmiştir.

Süzüntünün geldiği ilk kanaldır.

Burada epitel hücrelerin metabolik aktiviteleri çok yüksek olduğundan ihtiyaç duyulan enerjiyi (ATP) karşılayabilmek için hücrelerinde mitokondri çoktur.

Geri emilme proksimal tüpte başlar ve su için ozmozla, suyun dışındaki maddeler için madde-nin özelliğine göre difüzyon, kolaylaştırılmış difüzyon, aktif taşıma ile gerçekleştirilir.

Proksimal tüpteki hücrelerde geri emilim yüzeyini artırmak için çok sayıda mikrovillus bulunur.

Proksimal tüpün nefrondaki yeri

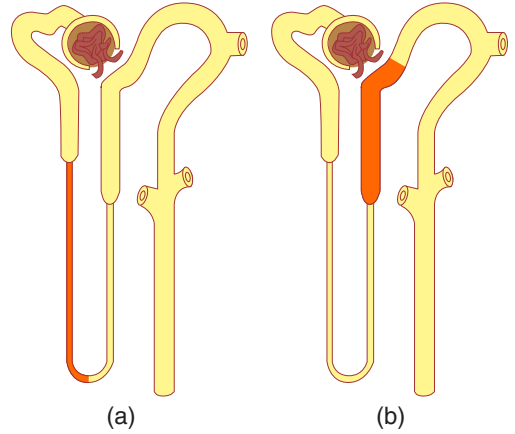
**DİKKAT**

Proksimal tüpten, vücut pH dengesini sağlamak için H^+ iyonu ve süzüntünün asidik olmasını engellemek için amonyak birlikte atılır.

Proksimal tüpte süzüntünün hacmi azalır.

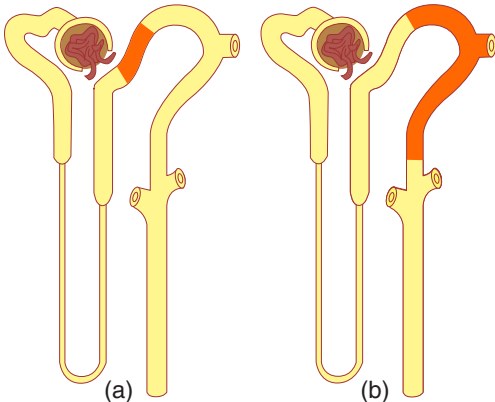
Henle kulpu, inen (a) ve çıkan kol (b) olarak ikiye ayrılır. İnlen kol ince ve dar bir yapıya sahiptir, bu kolda suyun geri emilimi gerçekleşir.

Henle kulpunun çıkan kolunun alt kısmı inceyken üst kısmı kalın bir yapıdadır ve çıkan kol suya geçirgen değildir. Bu koldan sadece tuzlar geri emilir.



(a)

(b)



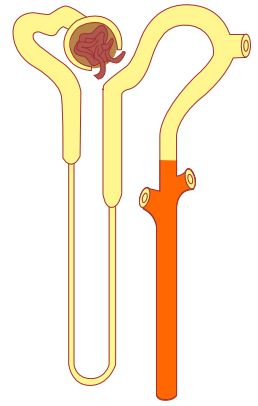
(a)

(b)

Distal tüp, ilk kısmı (a) ve son kısmı (b) olarak şekilde gösterildiği gibi Henle kulbundan sonraki tüptür.

Geri emilim ve salgılama olayları gerçekleşir.

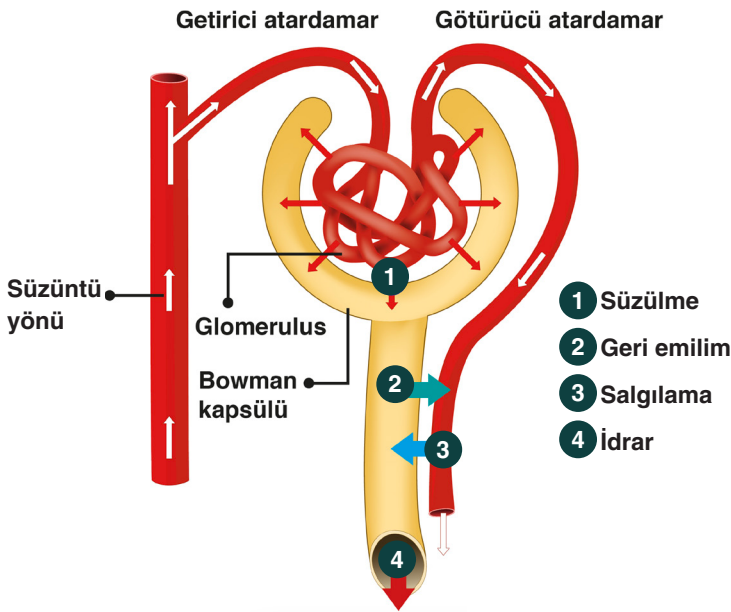
Distal tüpün iki tip hücresi vardır. Birinci tip hücresi, hipofiz bezinden salgılanan ADH etkisiyle suyun geri emilimini ve böbrek üstü bezlerden salgılanan aldosteron hormonu etkisiyle Na^+ geri emilimini K^+ atılmasını sağlar. İkinci tip hücresi, H^+ iyonu salgılayıp HCO_3^- geri emerek pH dengesinin ayarlanmasını sağlar.



İdrar toplama kanalının nefrondaki yeri

İdrar toplama kanalı, epitel hücreleri az mitokondri içeren düz yüzeysel hücrelerdir. ADH hormonu etkisiyle suyun geri emilimi devam eder. Süzüntüdeki ürenin bir kısmı burada geri emilir. Sodyumun geri emilimi aktif taşımayla burada tamamlanır.

İDRAR OLUŞUMU



Vücutta homeostasinin korunabilmesi için gerekli olan suyun alım ve atım dengesi böbrekler tarafından sağlanır.

Vücuttan dışarı atılan su, en fazla idrarla olur. İdrar; nefronların **süzülme (filtrasyon)**, **geri emilim** ve **salgılama (sekresyon)** işlemleri sonucunda oluşur.

Nefronda süzülme, geri emilim ve salgılama

Süzülme

- Süzülme, yüksek kan basıncı ve difüzyon etkisi ile kan plazmasındaki küçük moleküllerin pasif taşıma ile glomerulus kılcalıklarından Bowman kapsülüne geçmesidir. İdrar oluşumu bu olayla başlar. Bowman kapsülündeki bu sıvıya **süzüntü** adı verilir.
- Süzüntüdeki maddelerin konsantrasyonu başlangıçta kan plazmasındakiyle aynıdır ancak sırasıyla proksimal tüp, Henle kulpu ve distal tüpten geçerken işlenerek değişir. Süzüntü; su, glikoz, amino asitler, vitaminler, tuzlar, azotlu (üre, ürik asit, kreatin, NH_3) ve hemoglobinin yıkım ürünleri gibi küçük molekülleri içerir yani glomerulus kılcalıklarından Bowman kapsülüne bu maddeler geçebilir. Kan proteinleri (albümin, globülin, fibrinojen vb.), kan hücreleri (alyuvar, akyuvar, trombositler) ve yağ molekülleri gibi büyük yapıllı maddeler kılcallardan dışarı çıkamaz yani Bowman kapsülüne geçemez. Süzüntüde bir miktar albümin de bulunabilir.
- Bir günde ortalama 180 litre sıvı böbreklerde süzülür. Böbreklerdeki süzülme hızı kan basıncı ile doğru orantılıdır.



DİKKAT

Glomerulusta gerçekleşen süzülme atardamarların kan basıncı kullanılarak gerçekleştiğinden ATP harcanmaz.

Süzülme hızı; kan basıncı, adrenalin ve tiroksin hormonlarının salgılanması, kanın yoğunluğu ve ortam sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir. Örneğin, soğuk havalarda daralan kılcal damarlarda kan basıncı arttığından süzülme hızlanır ve oluşturulan idrar miktarı artar.

Geri Emilim

- Bowman kapsülünden çıkan götürücü atardamar, nefronun kanallarını bir ağ gibi sararak süzüntüden geri emilen maddelerin kana geçişini ve salgılanan maddelerin nefron kanalına aktarımını sağlar.
- Bowman kapsülüne zararlı maddelerin yanında su, glikoz, amino asit gibi yararlı birçok madde de geçer. Bu yararlı maddelerin hepsinin doğrudan böbreklerden idrarla atılması homeostasiyi olumsuz etkileyebileceği gibi ölüme de sebebiyet verebilir. Bu nedenle yararlı maddeler, vücudun ihtiyacını karşılamak için aktif taşıma veya pasif taşımayla nefron kanalında bulunan epitel hücreler tarafından geri emilerek boşaltım tüplerini saran kılcallara geçer.
- Geri emilme nefrondan kana doğrudur. Tüpün içinden akan sıvıyla tüpleri saran kılcallarda akan kanın akış yönü bir-birine terstir ve bu durum geri emilimi artırır.



DİKKAT

Nefron kanallarının kıvrımlı ve uzun oluşu yüzey alanını genişlettiği için geri emilimde etkilidir.

Geri emilim pasif ve aktif taşıma ile gerçekleşir.

Böbrek tüplerinde geri emilim, sırasıyla şu şekilde gerçekleşir:

- **Proksimal tüp** korteks tabakasında bulunan Bowman kapsülüne yakın olan kısımdır.
- Bowman kapsülünden proksimal tüpe gelen süzüntü içerisinde su, bikarbonat iyonları, (HCO_3^-) tuz, glikoz, amino asitler ve elektrolitler geri emilerek kana geçer.
- Sağlıklı bir insanda glikoz ve amino asidin tümü aktif taşımayla proksimal tüpte geri emilir.



DİKKAT

Geri emilen bikarbonat sayesinde vücut sıvılarının pH dengesi korunur.

Glikoz, amino asit ve Na^+ aktif taşımayla; HCO_3^- ve K^+ difüzyonla, H_2O ozmozla geri emilir.

- Proksimal tüpte gerçekleşen geri emilime rağmen burada bulunan sıvının toplam çözünmüş madde konsantrasyonu değişmez.
- Proksimal tüpte sodyum geri emilimi fazla olduğu hâlde, suya geçirgenliğinin de fazla olması ve suyun sodyumla birlikte geri emilmesi sayesinde sodyum konsantrasyonu sabit kalır.
- Bikarbonat iyonları, glikoz ve amino asitler suya oranla daha fazla geri emildiğinden bu maddelerin konsantrasyonları proksimal tüp boyunca azalır. Kreatinin gibi aktif olarak geri emilemeyen maddelerin konsantrasyonları, proksimal tüp boyunca artar. Süzüntünün hacmi azalır fakat toplam çözünmüş madde konsantrasyonu değişmez.
- **Henle kulpu** inen kolunda suyun geri emilimi devam eder. Tuz ve çözünmüş maddelere geçirgenlik düşüktür. Süzülen sıvının %20'si Henle kulpundan geri emilir. Bu emilimin neredeyse tamamı inen kolda gerçekleşir. Süzüntü burada su kaybettiğinden çözünmüş madde konsantrasyonu artar. Konsantrasyonun en yüksek olduğu kısım, Henle kulpunun dirsek kısmıdır.
- Çıkan kol suya geçirgen olmadığından süzülen maddelerin geri emilimi devam ederken suyun Henle kulpunda kalması distal tüpe doğru akan süzüntünün giderek seyreltik olmasına sebep olur. Henle kulpunun çıkan kolunda sodyum klorür ve potasyumun aktif olarak geri emilimi sağlanır. Kalsiyum, magnezyum, bikarbonat gibi iyonların önemli miktarları burada geri emilir.



DİKKAT

Çevresindeki doku sıvısına göre proksimal tüp ve distal tüpün son kısmındaki sıvı içeriği izotoniktir.

Henle kulpunun dirsek kısmı hipertonic, çıkan kolunun son kısmı ise hipotoniktir.

- **Distal tüp**, Henle kulpunun çıkan kolundan sonra devam eden kısımdır. Burada bikarbonat iyonlarının, suyun ve tuzun geri Emilimi devam eder.

! DİKKAT

Böbrek üstü bezinin kabuk bölümünden salgılanan aldosteron hormonu sayesinde distal tüpe K^+ salgılanır, Na^+ geri emilir. Böylece vücut sıvılarının K^+ ve Na^+ konsantrasyonlarının ayarlanması sağlanır.

Distal tüpte su geri Emilimi, hipofiz bezinin arka lobundan salgılanan antidiüretik hormon (ADH) tarafından kontrol edilir. Yüksek ADH düzeyinde tüpün bu bölümü suya karşı geçirgendir. ADH yokluğunda ise suya geçirgenlik azalır. Bu özellik idrarın seyreltilmesi veya yoğunlaştırılmasında önemlidir. Ca^{+2} geri Emilimi, D vitamini etkisiyle gerçekleşir.

- Distal tüp boşluğunda kontrollü olarak H^+ iyonu salgılanması ve bikarbonat iyonunun geri Emilimi, vücut sıvılarının pH değerinin düzenlenmesine katkı sağlar.

🎯 KRİTİK BİLGİ

Alkol alınması ADH salınımını önler. Bu durum, su geri Emilimini azaltarak çok miktarda su kaybına neden olur ve idrara çıkma sıklığını artırır.

- **İdrar toplama kanalı** distal tüpün bağlandığı, süzüntünün havuzcuğa taşınmasını sağlayan kanaldır.
- Suyun ve suda çözünen maddelerin geri Emilimini gerçekleştirir.
- İdrar toplama kanalında difüzyonla bir miktar üre geri emilir.

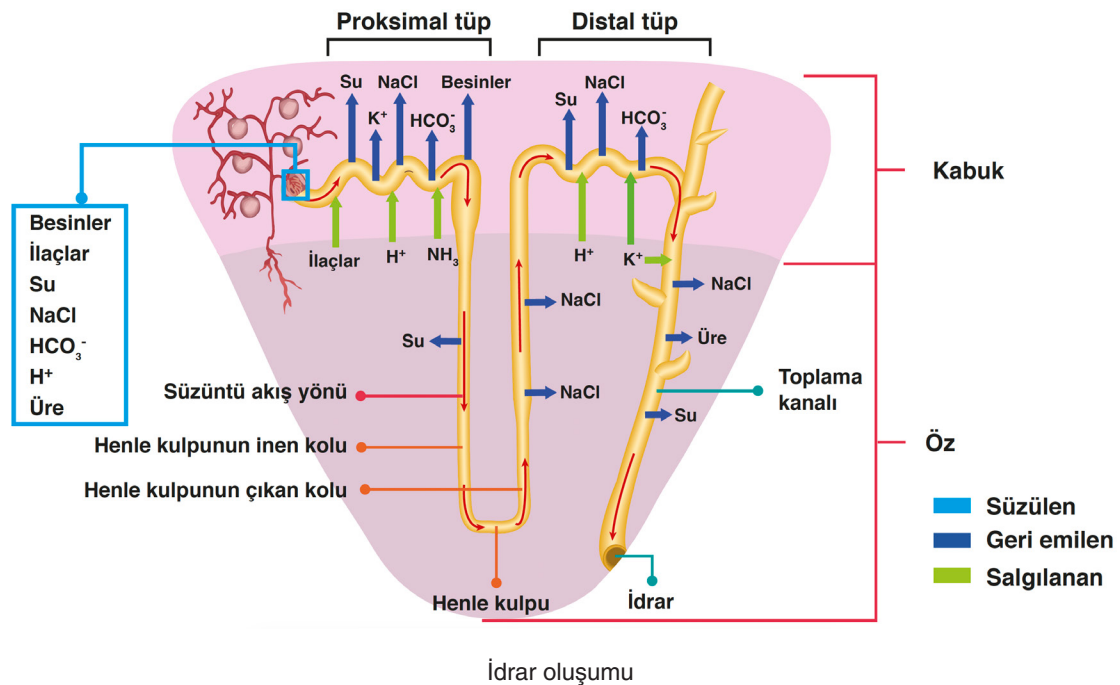
📄 NOT

Süzüntü, nefronda ve idrar toplama kanalında işlenerek idrara dönüşür. O yüzden bu kısım; idrarı işleyen son yer olması nedeniyle idrarla atılacak çözünür maddelerin, vücut dokularına geri emilecek maddelerin ve su miktarının ayarlanmasında çok önemli rol oynar.

! DİKKAT

Eşik değer, bir maddenin kanda bulunması gereken miktar olarak değerlendirilir. Emilimi gerçekleşecek maddeler kanda yeterli miktarda bulunuyorsa (madde miktarı eşik değerini üzerindeyse) geri Emilim gerçekleşmez. Örneğin, bazı amino asitlerin kandaki konsantrasyonu eşik değerin üzerinde ise geri Emilim gerçekleşmez ve fazla amino asit idrarla dışarı atılır.

Salgılama



- **Salgılama**, nefronu saran kılcal kan damarlarından nefron kanallarına madde geçiştir. Salgılanan maddeler amonyak, hidrojen iyonları, potasyum iyonları, penisilin gibi bazı ilaçlar, organik asit ve bazlar, besin yoluyla alınan gıda boyaları ve diğer zehirli maddelerdir ve bu maddelerin nefron kanallarına geçişi aktif taşıma ile gerçekleşir.
- Proksimal tüp hücreleri, tüp boşluğuna H^+ iyonları salgılar. H^+ iyonunun süzüntüye salgılanması, idrar pH'sini düşürerek asitliğini artırır. Aynı zamanda H^+ iyonlarını yakalayıp tampon görevi görmesi için sentezlediği amonyağı (NH_3) aynı yere salgılar. Amonyak, H^+ iyonlarını yakalayıp amonyum (NH_4) hâline gelir. Süzüntünün asitliği arttıkça daha fazla NH_3 salgılanır. İlaçlar, metabolizma son ürünleri, toksinler tüpe verilerek kanın bu maddelerden temizlenmesi sağlanır.
- Distal tüpteki süzüntüye salgılama yöntemiyle bazı ilaçlar, metabolik atıklar gibi çeşitli maddeler geçer ve bu maddeler idrarla vücuttan uzaklaştırılır. Bu bölüm üreye geçirgen değildir. Buraya ulaşan süzüntü toplama kanalına geçer.

İdrara Katılan Madde Miktarları

- Nefron kanallarından geçerek toplama kanallarına ulaşan süzüntü **idrar** adını alır. Toplama kanalından çıktıktan sonra böbreğin havuzcuk bölgesinde toplanan idrar, yoğun ve kana oranla hipertondiktir. Buradan sağ ve sol böbrekten çıkan üreterlerle idrar kesesine (mesane) iletilir. Mesane otonom sinirler tarafından kontrol edilir.
- İdrar kesesindeki idrar miktarı, belirli bir değere ulaştınca idrarın dışarı atılma refleksi aktifleşir ve idrar üretrayla dışarı atılır. İdrarın dışarı atılması bir refleks olsa da bu refleks beyindeki merkezlerce belirli bir süre ertelenebilir.
- İdrarın yapısında su, üre ve diğer azotlu atıklar (ürik asit, amonyak, kreatinin), bazı iyonlar, hormonlar, B ve C vitaminleri bulunur.
- İdrarın yapısı süzülen ve salgılanan maddelerin miktarlarından geri emilen maddelerin miktarlarının çıkarılmasıyla bulunur.



DİKKAT

Bir çift böbrekten günde yaklaşık 1.600 litre kan geçer. Bu, vücuttaki toplam kan miktarının 300 katıdır. Nefronlar ve toplama kanalları başlangıçtaki süzüntünün yaklaşık 180 litresini işler. Oluşan günlük idrar 1,5 litre kadardır.

Böbrekler, idrar oluşumuyla vücuttan metabolik atıkların uzaklaştırılmasını ve homeostasinin korunmasını sağlar.

HOMEOSTASİDE BÖBREKLERİN ROLÜ

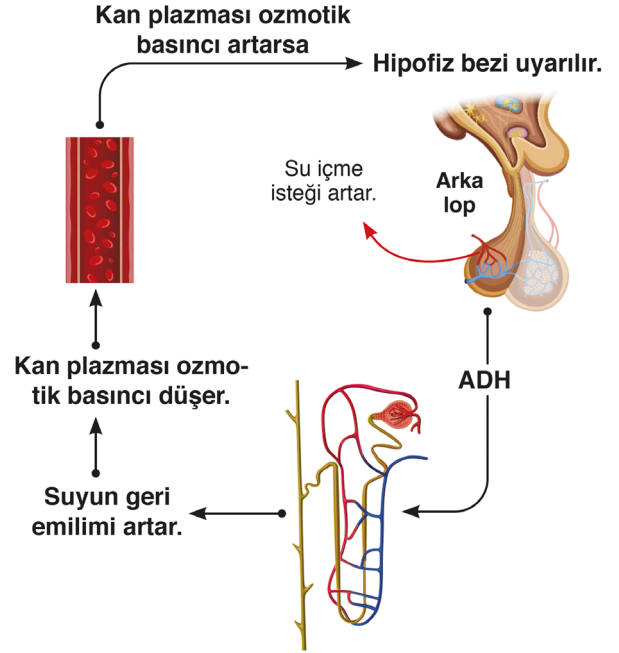


Üriner sistem sadece kanın temizlenmesinde ve alyuvar üretiminde değil, vücutta homeostasinin sağlanmasında da görev alır. Özellikle hormonlarla ve asit-baz tampon sistemleri ile kanın basıncını, hacmini ve pH dengesini düzenlemede rol oynar.

Hipofiz bezinin arka lobundan salgılanan antidiüretik hormon (ADH, vazopressin) ve böbrek üstü bezlerinden salgılanan aldosteron hormonu homeostasinin korunmasında ve böbreklerin sağlıklı çalışmasında etkilidir.

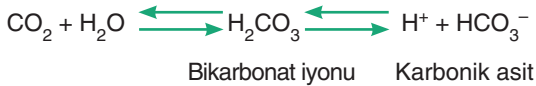
ADH kan plazması ozmotik basıncı arttığında hipofiz bezinden salgılanır. ADH, böbrek toplama kanallarının duvarındaki epitel hücreleri etkileyerek suyun geri emilimini sağlar.

Aldosteron hormonu vücut sıvılarında mineral miktarının dengede tutulmasında görev alır. Aldosteron nefronların distal tübüllerini ve toplama kanallarını etkileyerek sodyumun ve suyun geri emilimini sağlar. Ayrıca potasyumun idrarla dışarı atılımını da artırır. Böylece vücut sıvılarının su ve iyon dengesi korunur.



Kanın ozmotik basıncının ADH ile kontrolü

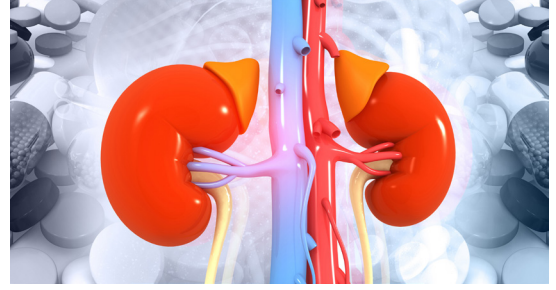
Asit-Baz Dengesi



- Asidik ve bazik özelliğe sahip moleküllerin miktarlarındaki değişiklik vücut sıvılarının pH dengesini etkiler.
- Vücut sıvılarının pH düzeyi dar sınırlar içerisinde tutulur. Örneğin, kanın pH değeri 7,35-7,45 arasında dengededir. Bu dengenin bozulması sorunlara neden olur.
- Kan pH değerinin 7,35'in altında olmasına **asidoz**, 7,45'in üstünde olmasına ise **alkaloz** denir. Alkaloz ve asidoz durumlarında H^+ iyonlarının konsantrasyonunu düzenlemek için asit-baz tampon sistemleri devreye girer.
- Dokularda solunum sonucu oluşan CO_2 , H_2O ile birleşerek H^+ ve bikarbonat iyonlarına dönüşür. Bu olay tersinirdir.
- Ortamda CO_2 miktarı arttıkça H^+ iyonları artar ve pH düşer. Böbrekler tampon görevi görerek H^+ iyonlarını uzaklaştırır ve HCO_3^- eksi oksijenin üzerinde olacak iyonlarının geri emilimini sağlar. Böylece pH değerinin tekrar artarak dengelenmesini sağlar.

ÜRİNER SİSTEM RAHATSIZLIKLARI VE SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

Üriner sistemin yapısının ve işleyişinin bozulması böbrek fonksiyon bozukluğu, böbrek taşı, akut böbrek yetmezliği, kronik böbrek yetmezliği, sistit, üretrit gibi hastalıklara neden olur.



ÜRİNER SİSTEM RAHATSIZLIKLARI

Böbrek Taşları



Böbrek taşının oluşumu böbrekte süzülen kanın yapısında bulunan kalsiyum ve fosfat minerallerinin fazlalığına dayanır. Böbreğin havuzcuk bölgesinde fazla kalsiyum, okzalit kristalleri ile birleşerek kalsiyum okzalit kristallerini oluşturur. Bu kristaller zamanla çökelti hâline gelerek birikir. Böbrekten atılamayacak boyutlara ulaştığında **böbrek taşı (kal-kül)** adını alır.

Taşın hareketinden kaynaklı oluşan böbrek tahribatı ve tıkanıklığı idrarda kan görülmesine sebep olabilir.

Böbrek taşı rahatsızlığının tedavisinde bol su içilmesi önerilmektedir. Günümüzde şok dalgaları ile parçalanarak doğal yollarla atılması sağlanmaktadır.

İdrar Yolu Enfeksiyonu

- İdrar yolu enfeksiyonları çeşitli bakterilerin enfeksiyonu sonucu oluşan iltihaplanmalardır.
- İki ayrı yerde ortaya çıkar. Bunlardan idrar kesesinin iltihaplanmasına **sistit**, üretranın iltihaplanmasına **üretrit** adı verilir. Sistitte sık idrara çıkma, idrar yaparken yanma, idrarda kan görülmesi, idrar kokusunun kötü olması, karın alt bölgesinde ağrı gibi belirtiler ortaya çıkar. Üretra iltihaplanmasında da sistit benzeri belirtiler görüldüğünden iki hastalığı birbirinden ayırmak zordur. Yapılan idrar tahlilinde bakteri sayısının az çıkması ile sistitten ayrılır.
- Üretrit tedavi edilmezse üreme organları rahatsızlıkları ile bel soğukluğu, artrit, menenjit, kısırlık gibi rahatsızlıklara dönüşebilir.
- Sistit tedavisinin ertelenmesi durumunda enfeksiyon etkeni bakterilerin böbreklere kadar ulaşması, zamanla kronik böbrek yetmezliği gibi ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir.

Böbrek Yetmezliği

- **Akut ve kronik böbrek yetmezliği** olarak iki şekilde ele alınır.
- Akut böbrek yetmezliği böbrek fonksiyonlarının neredeyse tamamının durmasıdır. Böbrek yetmezliğinin en önemli göstergesi idrarın çok az oluşması ya da hiç oluşmamasıdır. İdrarın oluşmaması durumunda atılacak olan maddeler vücuttan uzaklaştırılamaz.
- Akut böbrek yetmezliğine böbreğe yeterince kanın gelmemesi, böbrek taşları, arterioskleroz, yanlış kan nakli, yaralanma ve kalp krizinin yanı sıra civa, arsenik gibi toksik maddeler de neden olabilir. Akut böbrek yetmezliği genellikle 10 gün içerisinde tedavi edilebilir.
- Kronik böbrek yetmezliği, tedavi edilmeyen ya da edilemeyen akut böbrek yetmezliği sonucu ortaya çıkar. Kronik böbrek yetmezliğinde nefron kaybı %70'in üzerine çıktığında sorun başlar. Kronik böbrek yetmezliği yıllara bağlı olarak yavaş yavaş gelişir.
- Böbreklerde bakteriyel enfeksiyonlar, diyabet, yüksek kan basıncı ve akut böbrek yetmezliğine neden olan unsurlar kronik böbrek yetmezliğinin nedenleri olarak sayılabilir.
- Ayaklarda ve bacaklarda şişlik, sinirlilik, yüksek tansiyon, iştahsızlık, solunum sıkıntıları ve hâlsizlik böbrek yetmezliği belirtileri olarak değerlendirilebilir.

Diyaliz ve Böbrek Nakli

- Böbrekler fonksiyonunu yerine getirmediği zaman vücutta sıvı, asit, potasyum ve diğer toksik maddeler birikir. Böbrek yetmezliği sonucu vücutta homeostasi bozulur.
- Böbrek yetmezliğinde kesin tedavi böbrek naklidir. Böbrek nakli yapılmaz ya da diyalizle böbrek işlevleri normale döndürülmezse birkaç hafta içerisinde birey hayatını kaybeder. Uygun böbreğin bulunması zaman alabileceğinden hastanın tedavisine diyaliz ile devam edilir. Diyaliz tekniği suda erimiş moleküllerin yarı geçirgen bir zardan difüzyonudur. Diyaliz makinesinin solüsyonunda kanda bulunması gereken yapılara eşdeğer miktarda madde bulunur. Bunun yanında kandan atılması istenilen maddelerin konsantrasyonu ise düşüktür. Böylece kandaki uzaklaştırılmak istenen maddeler yarı geçirgen zardan geçerek diyaliz sıvısına aktarılır ve kan temizlenmiş olur. Diyaliz makinesinde temizlenerek çıkan kan hastaya tekrar verilir. Böbrek yetmezliği olan hastalar haftada üç kez 4-6 saat diyaliz makinesine bağlanmak zorundadır. Bu süreç, böbrek nakli yapıncaya kadar devam eder.
- Böbrek nakli, günümüzde doku ve organ nakilleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Hasta böbrek fonksiyonlarını kaybettiğinde hayatta kalabilmek için böbrek nakline ihtiyaç duyar. Böbrek nakillerinin sağlıklı yapılabilmesi için vericiyle hasta arasında akrabalık ilişkisi ya da genetik benzerlik olması gerekir.
- Uygun bir verici bulunmadığında doku uygunluk kontrolleri yapılarak kadavradan alınan böbrek 48 saat içinde nakledilebilir. Kadavradan alınarak yapılan böbrek nakilleri en sık yapılan böbrek nakilleridir.
- Nakledilen böbreği vücudun reddetmesini önlemek için hastaya bağışıklık sistemini baskılayan ilaçlar verilir. Böbrek naklinden sonra böbreğini bağışlayanın ve alıcının hayatında herhangi bir olumsuz değişiklik olmaz. Bağış yapan kişi tek böbrekle hayatına kaldığı yerden devam eder.
- Organ bağışı yapmak, organ bekleyen birçok insanın yaşamasını sağlayacaktır.

ÜRİNER SİSTEMİN SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI

Böbrekte meydana gelen yapısal veya işlevsel bir bozukluk pek çok hastalığa davetiye çıkarır. Bu yüzden böbreğimizin ve üriner sistemimizin sağlığını korumak için aşağıdaki faktörlere dikkat edilmelidir:

- Günlük yeterli su alımına dikkat edilmeli; fazla baharat, tuz tüketmemeli; sağlıklı ve dengeli beslenmelidir.
- Tütün mamülleri, alkol kullanma gibi zararlı alışkanlıklardan uzak durulmalıdır.
- Doktor tavsiyesi olmadan ilaç kullanılmamalıdır.
- Böbrek taşlarının oluşumunu engellemek için idrar, uzun süre tutulmamalıdır.
- Kalıcı böbrek rahatsızlıklarına neden olabilen dış çürükleri ve enfeksiyonlu hastalıklar, zamanında tedavi edilmelidir.
- Boşaltımda etkili olan derideki gözeneklerin tıkanmaması için kişisel temizliğe önem verilerek düzenli banyo yapılmalıdır.
- Düzenli egzersiz yapılmalı ve boşaltım organları soğuktan korunmalıdır.

ÜREME SİSTEMİNİN GENEL YAPISI

Üreme Sisteminin Genel Yapısı

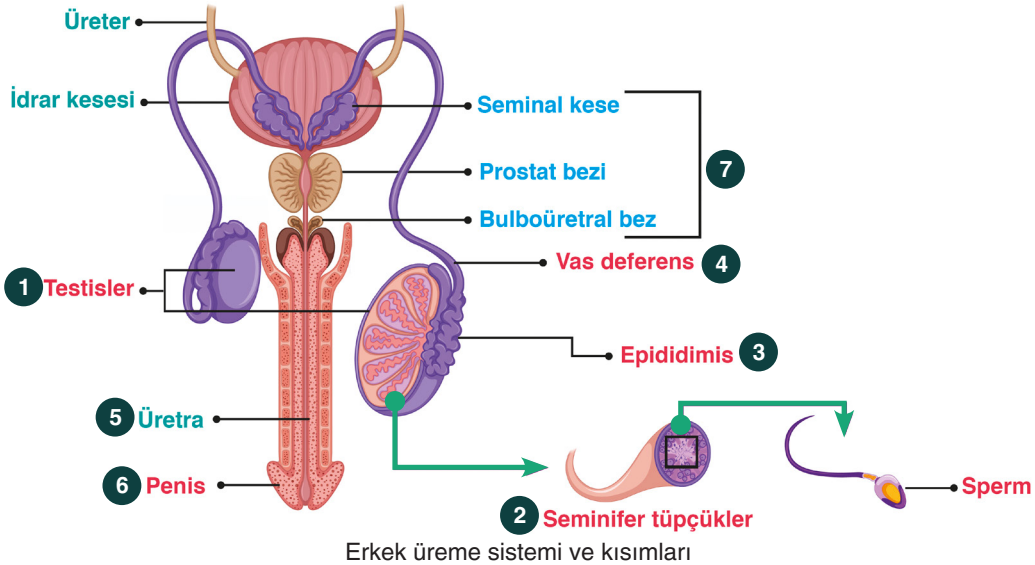
- Canlının neslini devam ettirebilmek için kendine benzer yeni bireyler meydana getirmesine **üreme** denir. Üreme canlıların ortak özelliklerinden biridir.
- Aynı türden olan ve cinsiyetleri farklı olan her bir bireye **eşey** denir. Üreme, eşeyli ve eşeysiz üreme olarak ikiye ayrılır. Eşeyi farklı olan iki bireyin üreme hücrelerinin birleşmesine **eşeyli üreme** denir. İnsanlar **eşeyli üreme** ile çoğalır.
- Eşeyli üremenin temeli **mayoz** ve **döllenme**dir. Mayozla birbirinden genetik olarak farklı ve vücut hücrelerinin yarısı kadar kromozoma sahip, **gamet** denilen eşey hücreleri üretilir.
- İki gametin birleşmesi ve çekirdeklerinin kaynaşmasına **döllenme**, gametlerin birleşmesiyle oluşan hücreye ise **zigot** denir. Zigottan yeni bir birey gelişir.
- Dişi ve erkek üreme sistemi **asıl eşey organı** ve **yardımcı eşey organlarından** oluşur.
- Yardımcı eşey organları ise gametleri taşıyan kanallar, bu kanallara salgısını bırakan çeşitli bezler ve dış genital organlardan oluşur.
- Gametlerin üretildiği ve endokrin işlevlerin gerçekleştiği asıl eşey organlarına **gonat** adı verilir. Erkeklerde **testisler**, dişilerde **yumurtalıklar** gonatlardır.



ERKEK ÜREME SİSTEMİ

Erkek Üreme Sisteminin Yapısı ve Organları

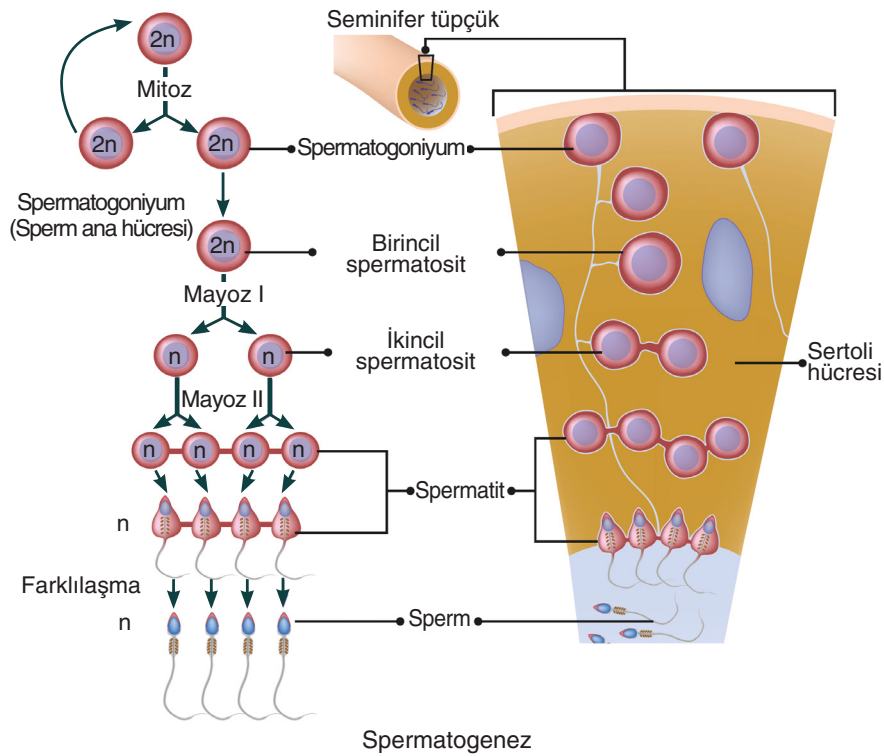
- Erkek üreme sistemi; **testisler**, **kanal sistemi** (epididimis ve vas deferens), **yardımcı bezler** [bir çift seminal kese, bir çift bulboüretral bez (Cowper bezi) ve prostat bezi] ve **penisten** oluşur.



- Testisler, embriyonik dönemde karın boşluğunda oluşarak doğumdan hemen önce **skrotum** adı verilen torba içerisine iner. Bu durum sperm üretilmesi için önemlidir. Sperm üretilmesi için ideal sıcaklık, vücut sıcaklığından düşüktür. Skrotum ile testis sıcaklığı vücut sıcaklığından yaklaşık 2 °C daha düşük tutulmuş olur. Testisler, sperm üretmenin yanında eşey hormonlarını da salgılar. **1**
- Her testiste **seminifer tüpçük** denilen ince kıvrımlı yapı bulunur. **2** Bu tüpçüklerin her biri yarım metre uzunluğundadır. Ergenlikten itibaren yaşlılık dönemine kadar seminifer tüpçüklerde bulunan sperm ana hücrelerinden (spermatogonyum) mayoz ile her gün yaklaşık 120 milyon sperm üretilir (spermatogenez).
- Tüpçükler içinde mayozun farklı evrelerinde olan hücreler ve **sertoli hücreleri** bulunur. Sertoli hücreleri gelişmekte olan spermleri besler, korur ve kanallara doğru hareketini kolaylaştırır. Spermlerin gelişmesi sırasında atılan sitoplazmik atıkları fagositozla yok eder ve sperm üretimi sırasında hormonal düzenlemede rol oynar.

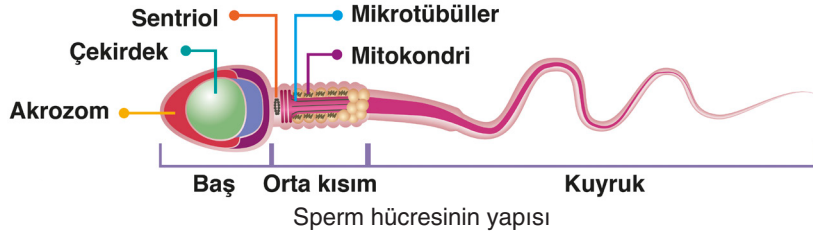
- Seminifer tüpçüklerin aralarındaki bağ dokuya yerleşmiş olan **Leydig hücreleri** (interstisyel hücreler) ise testosteron ve diğer androjenleri üretir.
- Seminifer tüpçüklerde üretilen sperm, **epididimis** denilen kıvrımlı kanala geçer **3**. Burada olgunlaşmasını tamamlar, hareket yeteneği kazanır. Sperm dölleme yeteneğini kazanması ise dişi üreme sisteminin kimyasal ortamında gerçekleşir.
- Epididimisten **vas deferens** adı verilen kaslı bir kanala geçerek burada geçici olarak depolanan sperm, kanal hücrelerinin salgıları ile hem kanal boyunca ilerler hem de beslenir **4**.
- Vas deferens kanalı idrar kesesinin çevresinden arkaya dolanarak seminal keseden gelen kısa bir kanalla birleşip **ejakulasyon kanalına** açılır. Ejakulasyon kanalı üretraya bağlanır **5**.
- Üretra erkeklerde üriner sistem ve üreme sisteminin ortak kanalıdır. Penis içinde bulunan üretra, idrar ve sperm vücut dışına atılmasını sağlar. Peniste ayrıca kan damarları yönünden zengin silindirik yapıda üç süngerimsi erektil (sertleşebilen) doku kolonu bulunur. Penisin üzeri ise deri ile kaplıdır. Penisin baş kısmında bulunan deri kıvrımı (prepus: sünnat derisi) sünnat olarak bilinen cerrahi operasyonla alınabilir **6**.
- Erkek üreme sistemindeki yardımcı bezler ise **seminal keseler, prostat bezi ve bulboüretal bezler** [Cowper bezleri] dir **7**. Bu bezler, sperm de içinde bulunduğu **semen** adı verilen sıvıyı üretir. Semen sperm taşımasını, beslenmesini ve dişi üreme sisteminin asidik pH değerine karşı korunmasını sağlar. Seminal keseler, salgısını üretra ile birleşmeden önce vas deferens kanalına boşaltır. Prostat bezi üretrayı sarar, salgılarını ince kanallarla doğrudan üretraya iletir. Bulboüretal bezler ise prostat bezinin altında üretra boyunca uzanır, üretrada kalmış asidik idrar kalıntısını nötralize eden saydam bir mukus salgılar.

Spermatogenez ve Sperm Yapısı



- Seminifer tüpçüklerde sperm ana hücrelerinden (spermatogonium) mayoz ile sperm oluşumuna **spermatogenez** denir.
- Seminifer tüpçüklerin içinde bulunan ve **spermatogonium** adı verilen sperm ana hücreleri (2n), mitoz bölünme ve farklılaşma ile **birincil spermatozoid (2n)** hücrelerini oluşturur.
- Birincil spermatozoidler, ergenlik çağında mayoz geçirir. Birincil spermatozoidlerden mayoz I'nin tamamlanmasıyla n kromozomlu iki adet ikincil **spermatozoid** oluşur.
- İkincil spermatozoidlerden mayoz II'nin tamamlanmasıyla n kromozomlu, eşit büyüklükte dört adet **spermatozoid** meydana gelir. Spermatozoidler bol sitoplazmalı ve küre şekilli hücrelerdir.

- Spermatitler, epididimiste olgunlaşarak hareket yeteneği kazanır. Spermatitlerin uzayıp farklılaşmasıyla **sperm**ler meydana gelir.
- Sperm, epididimisten vas deferens kanalına geçer ve spermilerin çoğu burada depolanır. Vas deferens kanalı, spermilerin üretraya taşınmasını sağlar. FSH ve androjenler ile testislerin gamet oluşturmalarının sürekliliği sağlanır.

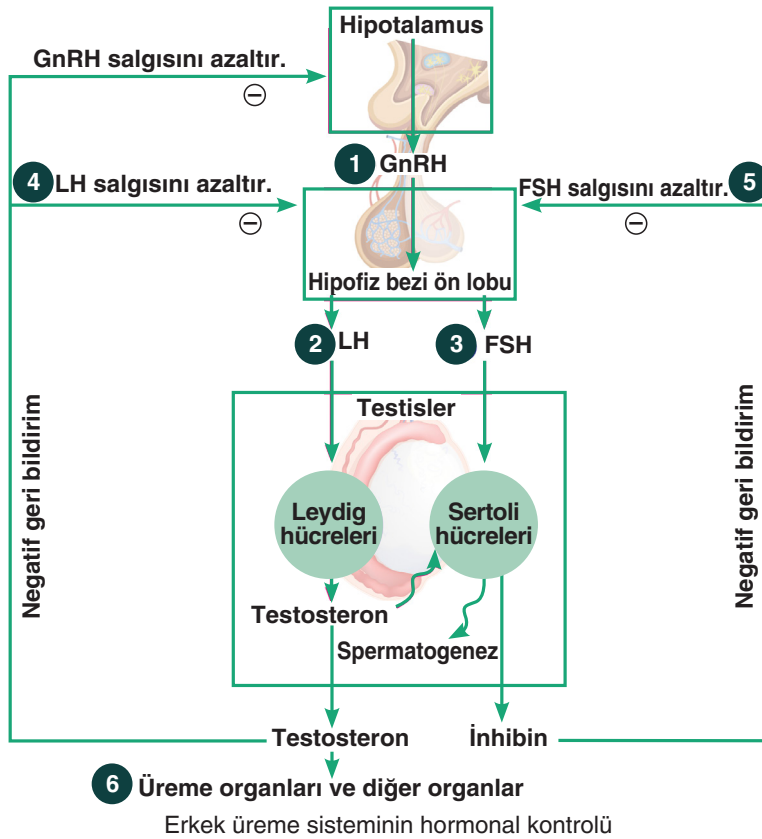


Sperm; **baş**, **orta kısım** ve **kuyruk** olmak üzere üç bölümden oluşur.

Baş kısmında $n=23$ ($22+X$ veya $22+Y$) kromozomlu çekirdek bulunur. Sperm baş kısmının ön ve uç tarafında Golgi aygıtından oluşan **akrozom**, sperm yumurta zarını eriterek döllenmeyi gerçekleştirebilmesi için gerekli olan sindirim enzimlerini içeren lizozom benzeri bir organdır.

Çekirdeğin arka kısmında yani akrozomun zıt tarafına sentrioller yerleşir. Sentriollerden biri gelişerek içinde mikrotübül filamentlerinin bulunduğu kuyruğu oluşturur.

Sperm orta kısmı, ATP üretimi için çok sayıda mitokondri içeren bir kılıf ile sarılıdır. Mitokondriler kuyruğun hareketi için gerekli enerjiyi sağlar.



- Hipotalamustan salgılanan GnRH (gonadotropin salgılatıcı hormon) hipofiz ön lobunu uyarmasıyla buradan salınan FSH ve LH hormonları ile kontrol edilir. **1**
- LH ise Leydig hücrelerini uyarak buradan **testosteron** hormonu salgılanmasını, diğer androjenlerin üretimini ve salınımını uyarır. Testosteron hormonu seminifer tüpçüklere geçerek spermatogenez hızlandırır. **2**
- FSH spermatogenez başlatır, testislerde sertoli hücrelerini uyarır. Sertoli hücreleri, testosteron hormonunun seminifer tüpçüklere geçmesi için gerekli maddeleri salgılar ve sperm besler. **3**
- Testislerde artan spermatogenezle birlikte iki negatif geri bildirim mekanizması devreye girer. Bunlardan birisi kanda miktarı artan testosteron hormonunun hipotalamus ve hipofiz bezi ön lobunu uyarmasıdır. Hipotalamusun GnRH salgısı azaldıkça hipofiz bezinden FSH ve LH salgısı da azalır. Testislerde üretilen testosteron hormonu azalır, sperm üretimi yavaşlar. **4**

- Diğer bir negatif geri bildirim mekanizması ise artan spermatogenez üzerine sertoli hücrelerinin inhibin hormonunu salgılamasıdır. Kanda miktarı artan inhibin hormonu hipofiz bezinin ön lobuna etki ederek FSH salgısını azaltır. **5**
- Ergenlikte testosteron miktarının artmasıyla sperm üretiminin yanında sesin kalınlaşması, vücutta kıllanma, kas kütlesinin artması, karşı cinsle ilginin artması gibi ikincil erkeklik özelliklerinin ortaya çıkması ve korunması sağlanır. Testosteron hormonu, hücrelerde protein sentezini dolayısıyla hücre bölünmelerini hızlandırır; eşey organlarının ve yardımcı bezlerin büyümesini sağlar. Kas gelişimi, kemik büyümesi, kemiklerde kalsiyum depolanması, sesin kalınlaşması, sakal ve bıyık oluşumunda etkilidir. **6** Testosteron ayrıca sperm üretiminin ergenlikten itibaren sürekliliğini sağlar.

DİŞİ ÜREME SİSTEMİ

Dişi Üreme Sisteminin Yapısı ve Organları

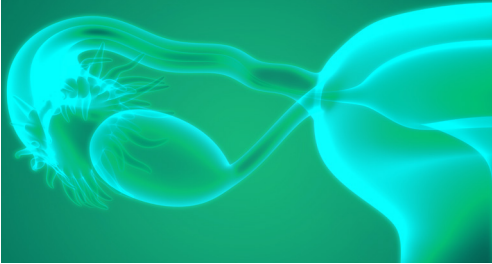
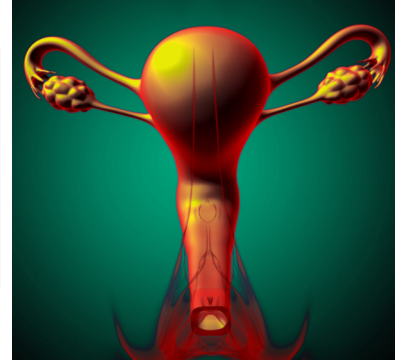


Dişi üreme sistemi; **yumurtalıklar** (ovaryumlar), **yumurta kanalları** (fallop tüpleri, oviduktlar), **rahim** (döl yatağı, uterus), **rahim ağzı** (serviks) ve **vajinadan** oluşur.

Dişi üreme sistemi; yumurta hücresinin oluşmasını, döllenme sonrası embriyo gelişimi için uygun ortam hazırlanmasını ve eşey hormonlarının üretilmesini sağlar.

Yumurtalıklar (ovaryumlar); vücudun ön tarafında karın boşluğunun altında, rahmin her iki yanında bulunan bir çift organdır.

Yumurtalıklarda yumurta hücresinin üretimi ile östrojen ve progesteron hormonlarının üretimi gerçekleşir. Folikül adı verilen yapılarda yumurta hücresine dönüşecek bir hücre ve onu çevreleyen destek hücreleri bulunur. Destek hücreleri yumurtayı besleyip korurken folikül hücreleri östrojen hormonu salgılar.



Yumurta kanalları (fallop tüpleri, oviduktlar), yumurtalıklar ile rahim arasında bulunan tüp şeklindeki yapılardır. Rahim tarafında saç teli kadar dar olan bu tüp, yumurtalıklara doğru genişler. Yumurtalık yakınındaki ucu huniye benzer ve karın boşluğuna açılır. Yumurtalıklardan bırakılan yumurta, yumurta kanalına geçer.

Yumurta kanalının iç yüzeyi silli epitel hücrelerden ve bunlar arasına yerleşmiş salgı yapan hücrelerden oluşur. Yumurta kanalına geçen yumurta silli epitel hücrelerin ve düz kasların hareketi ile rahme doğru taşınır. Yumurtanın spermle döllenmesi ve zigot oluşumu ile zigotun ilk hücre bölünmeleri yumurta kanalında gerçekleşir.

Rahim (döl yatağı, uterus); karın boşluğunun alt kısmında, idrar kesesinin arkasında yer alan esnek, kalın ve kaslı, içi boşluklu bir organdır. Döllenme gerçekleşirse embriyo rahim içinde gelişir.

Rahmin iç tabakası olan endometriyum, epitel hücrelerden oluşur ve zengin kan damarı ağına sahiptir. Rahmin aşağıda daralarak vajinaya açıldığı boyun kısmına **rahim ağzı** (serviks) denir.

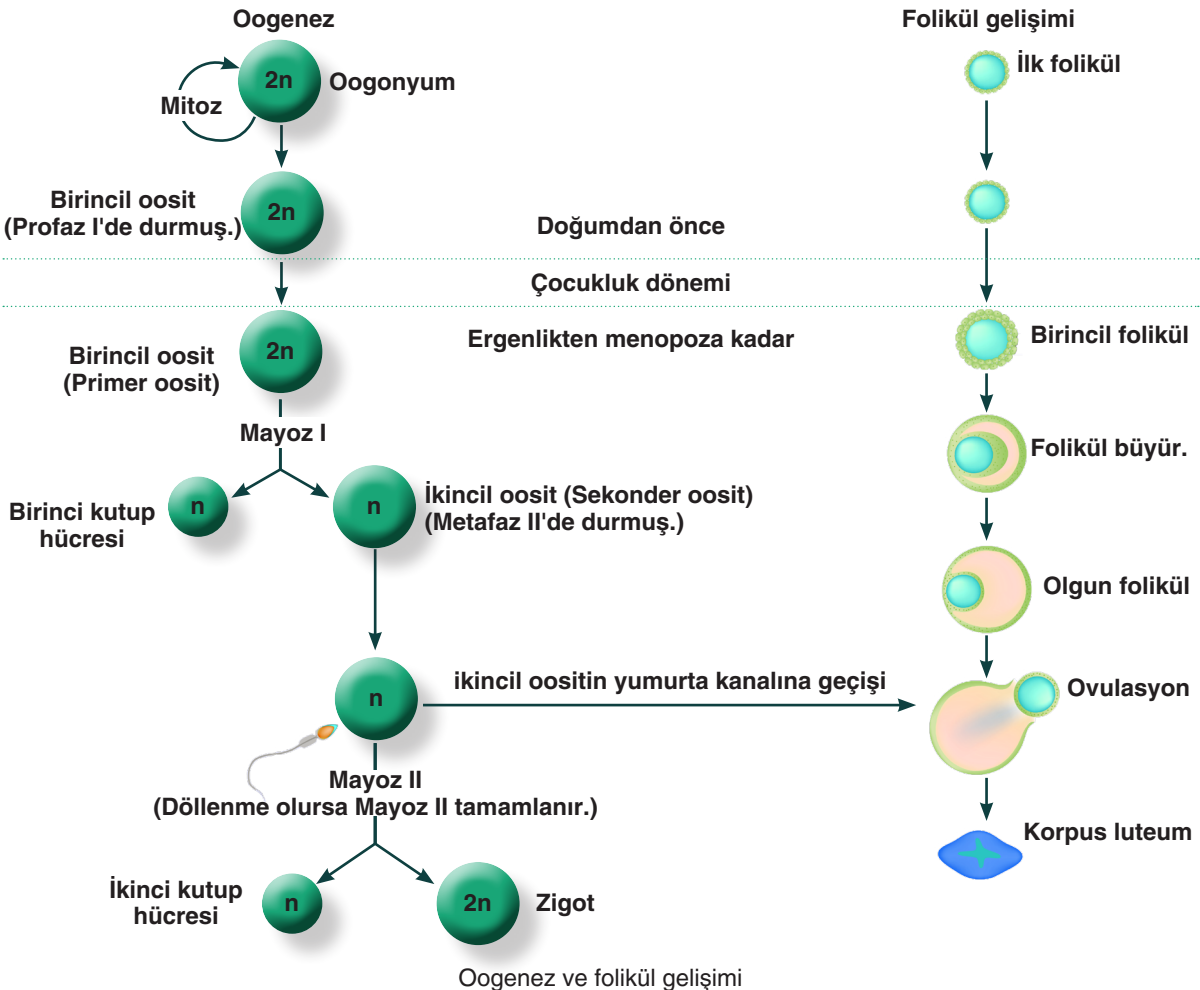
Vajina; dışarı ile bağlantıyı sağlayan, kaslı esnek bir yapıdır. Döllenmemiş yumurtanın ve doku fazlalıklarının dışarı atıldığı, çiftleşme sırasında spermelerin bırakıldığı kısımdır. Eğer gebelik gerçekleşmiş ise bebeğin doğum kanalı olarak da görev yapar.

Vajina üretra ile bağlantılı değildir. Bu nedenle dişilerde döllenmemiş ikincil oosit ile idrarın vücut dışına atıldığı açıklıklar farklıdır.



Oogenez ve Yumurtanın Yapısı

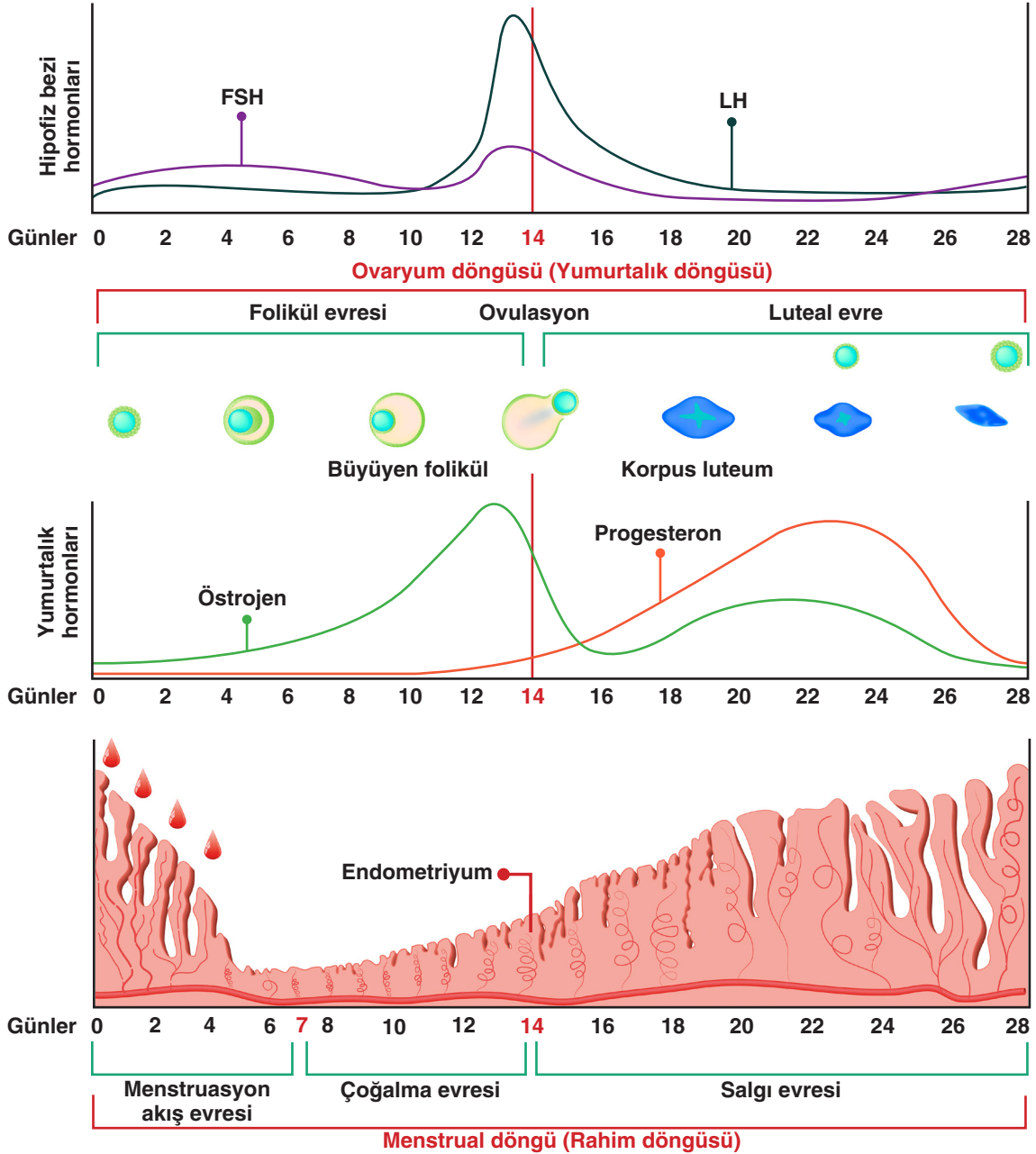
- Dişi bireylerde yumurta hücresinin gelişimi, embriyonik gelişim döneminde anne rahmindeyken başlar.
- Embriyonik gelişimin birinci ayında yumurtalık taslağına göç eden hücrelerin farklılaşmasıyla oluşan **oogonyumlar** mitozla milyonlarca hücre oluşturur. Gebeliğin üçüncü ayından itibaren oogonyumlar mayozun profaz I evresine girmeye başlar ve mayoz bu aşamada durdurulur. Ergenlik dönemine kadar mayozun diğer safhalarına geçilmez. Profaz I evresinde bekleyen bu hücrelere **birincil oosit** adı verilir. Bu hücrelerin etrafı desteklik sağlayan folikül hücreleri ile çevrilidir.
- Yumurtalıkta bulunan yumurta ana hücrelerinden (oogonium, $2n$ kromozomlu), dişi üreme hücresi olan yumurtanın (ovum, n kromozomlu) mayoz bölünme ile oluşmasına **oogenez** denir. Oogenez, yumurta ana hücresinden ($2n$) birincil oositin ($2n$) üretimi ile başlar. Ergenlikte folikül uyarıcı hormonun (FSH) etkisiyle her ay, bir folikülde bulunan birincil oosit, mayoz geçirmeye devam eder.
- Ergenlik dönemine kadar faaliyet göstermeyen yumurtalıklar, ergenlik dönemiyle birlikte hipotalamusun ürettiği gonadotropin (GnRH) etkisiyle hipofiz bezi ön lobundan FSH salgılanır. FSH yumurtalıklardaki foliküllerin büyümesini uyarır. Folikül içindeki birincil oosit hücresi de büyür ve gelişir. Büyüyen folikül içindeki $2n$ kromozomlu birincil oosit mayoz I'ı tamamlayarak ikiye bölünür.
- Sitokinez sonucunda oluşan n kromozomlu bu hücrelerin sitoplazma miktarları eşit değildir. Sitoplazmanın büyük çoğunluğunu alan hücre **ikincil oosit** adını alır. Çok küçük sitoplazmalı ve işlevsiz olan diğer hücreye **birinci kutup hücresi** denir. Bu hücre zamanla kaybolur.
- İkincil oosit, mayoz II evresine başlar ancak metafaz II evresinde bölünme durdurulur. İkincil oosit bu evrede folikül duvarının yırtılması ile yumurta kanalına bırakılır. Yumurta kanalına geçen ikincil oosit mayoz II'yi ancak içine bir sperm hücresi girerse tamamlar ve ikiye bölünür. Sonuçta yine bol sitoplazmalı yumurta hücresi ve az sitoplazmalı **ikinci kutup hücresi** oluşur. İşlevsiz olan kutup hücresi kaybolur ve spermle döllenmiş yumurta hücresi **zigotu** oluşturur.
- Erkeklerde görülen spermatogenezden farklı olarak dişilerde görülen oogenez ayda bir kez gerçekleşir. Ergenlik dönemiyle başlayan yumurta üretimi genellikle 46-54 yaşlarında **menopoz** adı verilen dönemle sonlanır.



MENSTRUAL DÖNGÜ

- Ergenlik dönemiyle gerçekleşen yumurta oluşumu ve buna bağlı olarak dişi hamileliğe hazırlamak için rahimde meydana gelen değişiklikler **üreme döngüsü** olarak belirli periyotlarla tekrarlanır. Bu olaylar hipotalamus, hipofiz bezi ve yumurtalık hormonlarının etkisiyle yaklaşık 28 günde bir gerçekleşir.
- Üreme döngüsü; **ovaryum döngüsü** ve **menstrual döngü** olmak üzere iki döngüyü içerir.
- Ovaryum döngüsü yumurtalıklarda meydana gelen değişiklikleri içeren **folikül evresi**, **ovulasyon** ve **luteal evreden** (korpus luteum evresi) oluşur.
- Menstrual döngü ise rahimde meydana gelen değişiklikleri ifade eder.

Menstrual Döngünün Genel Özellikleri ve Evreleri



Dişilerde üreme döngüsü ve hormonal değişim

- Üreme döngüsü hipotalamustan salgılanan GnRH'nin (gonadotropin hormonu) hipofiz bezi ön lobunu uyarması ile başlar. Hipofiz bezi az miktarda FSH ve LH salgılar. FSH, LH ile yumurtalıklarda folikül büyümesini uyandır.
- **Folikül evresi** denilen bu evrede yumurtalıklarda her ay 6-12 adet folikül, hücre bölünmesi ile büyümeye başlar. Büyüyen folikül içindeki birincil oosit hücresi de folikül hücrelerinden sağlanan gerekli besinler, büyüme faktörleri ve hormonal uyarılarla büyür; mayoz I'ı tamamlayarak ikincil oositi oluşturur.
- Folikül hücrelerinden salgılanan östrojen hormonu rahmi uyandır, endometriyum tabakasındaki mitozu hızlandırır ve endometriyum tabakasının kalınlığı da artar. Rahim duvarı embriyonun yerleşmesi için uygun hâle gelmeye başlar.
- Foliküller büyüdükçe kandaki oranı artan östrojen hormonu, hipotalamusun GnRH salgısı ile hipofiz bezinin FSH ve LH salgısını artırır (**pozitif geri bildirim**). Bu artış folikülleri daha da olgunlaştırır, folikül içindeki sıvı dolu boşluk daha da genişler. Boyutu büyüyen ve olgunlaşan foliküllerden birisi baskın hâle gelir, yumurtalık yüzeyine yaklaşır ve burada bir şişkinlik oluşturur.
- **Ovulasyon (yumurtlama) evresinde** fazla miktarda salgılanan LH nedeniyle yumurtalık yüzeyine bitişik durumdaki folikül yırtılır ve ikincil oosit etrafını çevreleyen bir miktar folikül hücresi ile birlikte yumurta kanalına geçer. Ovulasyon evresi, 28 günde bir tekrarlanan üreme döngüsünün 14. gününde gerçekleşir. Ovulasyondan sonraki 24 saat içinde ikincil oosit dölleme yeteneğini kaybeder. Bu zaman diliminde spermle karşılaşırsa dölleme ihtimali yüksektir.
- **Luteal evre** ovulasyondan sonraki evredir. Yırtılan folikül parçaları LH etkisiyle **korpus luteum** denilen yapıya dönüşür. Korpus luteum, progesteron ve östrojen hormonlarını üretir. Artan östrojen ve progesteron hormonları hipotalamusun GnRH ve hipofiz bezinin FSH ve LH salgılarını azaltır (negatif geri bildirim). Bu durum yumurtalıklarda yeni bir folikülün gelişimini ve ikincil oosit oluşumunu engeller.
- Korpus luteumdan inhibin hormonu da salgılanır. Bu hormonun da hipofiz bezi üzerine negatif geri bildirim etkisi vardır. Bu etki daha çok FSH, az miktarda da LH üzerinedir.
- Korpus luteumdan salgılanan hormonlarla rahim duvarının gelişimi ve sürekliliği sağlanır. Östrojen hormonu etkisiyle kalınlaşmaya başlayan endometriyum tabakası, bu evrede östrojen ve özellikle progesteron hormonu ile daha da kalınlaşarak süngerimsi hâle gelir.
- Endometriyumdaki kan damarları genişler, buraya gelen kan miktarı artar. Salgı yapan bezler büyür ve salgıları artar. Rahim içi, menstrual döngünün bu evresinde yapılan düzenlemelerle olası bir gebelik için embriyonun yaşamasına uygun hâle getirilir.
- Korpus luteumun devamlılığı döllemenin olup olmamasına bağlıdır. Dölleme gerçekleşirse embriyo tarafından salgılanan insan koriyonik gonadotropin (hCG) hormonu LH etkisi gösterir ve korpus luteumun devamlılığını sağlar. Korpus luteum da progesteron ve östrojen salgısını devam ettirir. Böylelikle endometriyum tabakası gelişir ve yapısı bozulmadan korunur. hCG hormonu sadece hamile kadınların kanında bulunduğu için gebelik testinde kan ve idrardaki varlığına bakılır. Eğer dölleme gerçekleşmezse luteal evrenin sonlarına doğru kandaki düşük LH ve FSH miktarı nedeniyle korpus luteumun yapısı bozulur ve kandaki progesteron ve östrojen seviyesini hızla düşürür. Hipotalamus ve hipofiz bezi üzerindeki baskılayıcı negatif geri bildirim etkisi ortadan kalkar. Hipotalamusun GnRH salgısı ile hipofiz bezinin FSH ve LH salgıları artar, yumurtalıklarda yeni foliküllerin gelişeceği folikül evresi ile döngü tekrar başlar.

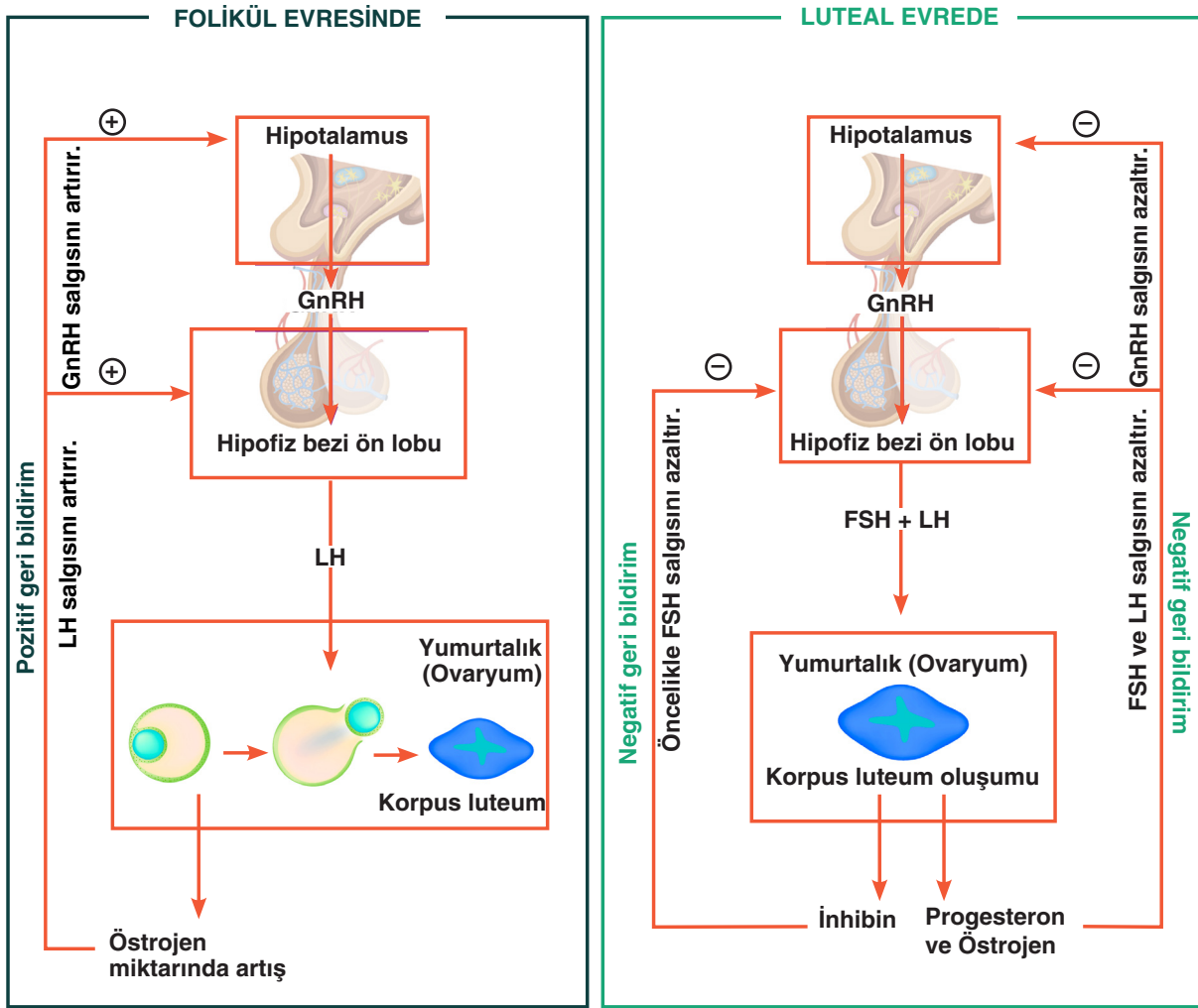


DİKKAT

Yumurtalık hormonlarındaki ani düşüşün rahimde gerçekleşen menstrual döngü üzerine de etkileri bulunur. Endometriyumdaki kan damarları daralır, buraya gelen kan akışı yavaşlar. Besin ve oksijen azlığı nedeniyle kılcal damar yönünden zengin olan endometriyum dokusu parçalanır. Menstruasyon akış evresi (menstruasyon, aybaşı, adet kanaması) denilen yaklaşık 4-7 gün süren bu evrede parçalanmış dokular, dokuların salgıları ve damarlardaki kan vajinadan dışarı atılır. Rahim yeni bir döngüye hazırlanır. Menstruasyon olayının birinci günü rahim ve yumurtalıklarda gerçekleşen döngülerin başlangıcı kabul edilir.

Dişi Üreme Sisteminin Hormonal Kontrolü

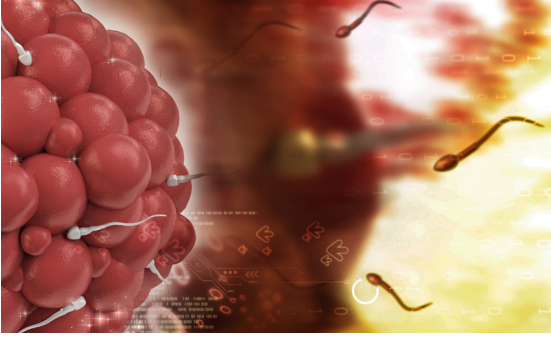
- Hipotalamus, hipofiz bezi ve yumurtalık arasındaki geri bildirim mekanizması ile GnRH, gonadotropinler (FSH, LH) ve eşey hormonları arasındaki etkileşimlerle dışılerdeki üreme döngüsü kontrol edilir.



Dişi üreme sisteminin hormonal kontrolü

- Folikül hücrelerinde bulunan FSH ve LH reseptörleri sayesinde östrojen yapımı uyarılır ve salgısı hızlanır. Kanda bulunan östrojen miktarının hemen hemen tamamı yumurtalık kaynaklıdır. Östrojen FSH salgısını azaltır. LH salgısı üzerine ise bazı durumlarda artırabilen (pozitif geri bildirim) bazı durumlarda da azaltabilen etkiye sahiptir (negatif geri bildirim).
- Folikül evresinin büyük bir kısmında kandaki östrojen hormonu hafif artış gösterir. Düşük miktardaki östrojen hormonunun hipofiz bezinin FSH ve LH salgısı üzerine engelleyici etkisi vardır. Folikül evresinin sonlarına doğru östrojen miktarındaki artış pozitif geri bildirimle LH salgısının artmasına neden olur (pozitif geri bildirim). Hipotalamustan salgılanan GnRH'nin hipofiz bezi ön lobunu uyarmasıyla FSH miktarında da bir miktar artış gerçekleşir. LH'nin tepe değerine ulaşmasıyla ovulasyon gerçekleşir.
- Luteal evrede ise korpus luteumdan salgılanan yüksek miktarlardaki östrojen, progesteron ve inhibin hormonu hipotalamus ve hipofiz bezi üzerine baskılayıcı etki yapar. Yüksek miktarda progesteron LH salgısını engellerken östrojenin inhibe edici etkisini güçlendirir. İnhibin hipofiz bezi ön lobundan FSH salgılanmasını azaltır. Korpus luteumun bozulup kaybolmaya başlaması ile bu etki ortadan kalkar.
- Östrojen hormonu, dişi üreme organlarının gelişimi ve dişi üreme faaliyetlerini uyarma görevleri yanında dişiye özgü ikincil cinsiyet karakterlerinin oluşumundan ve korunmasından sorumludur. Meme dokusunun büyümesi, süt kanallarının gelişimi ve deri altı, kalça, meme dokusu gibi yapılarda yağ depolanması, kemik gelişimi, boy uzaması gibi görevleri vardır.

DÖLLENME

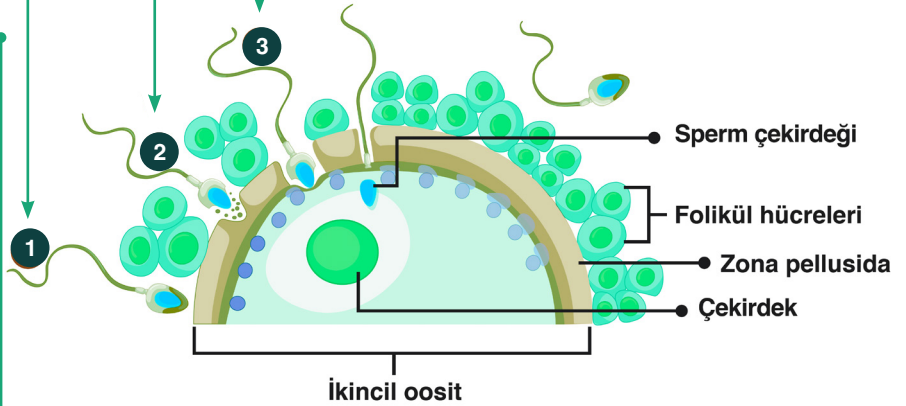


Ovulasyondan sonra etrafı folikül hücreleri ile çevrili hâlde olan ikincil oosit, yumurta kanalına geçer. Sperm vücut sıcaklığında en çok 24-48 saat yaşayabilir. Haploit kromozumlu (n) sperm çekirdeği ve haploit kromozumlu (n) yumurta çekirdeğinin kaynaşmasıyla diploit kromozumlu (2n) zigot oluşur. Bu olaya **döllenme** (fertilizasyon) denir.

2 İkincil oositin etrafı kalın bir örtü olan zona pellusida ile çevrilidir. Sperm zona pellusidaya ulaştığında buradaki özel reseptöre bağlanır. Akrozom zarı erir ve içindeki hidrolitik enzimler zona pellusidaya bırakılır. Bu enzimler spermin oosit zarına ulaşması için bir açıklık oluşturur.

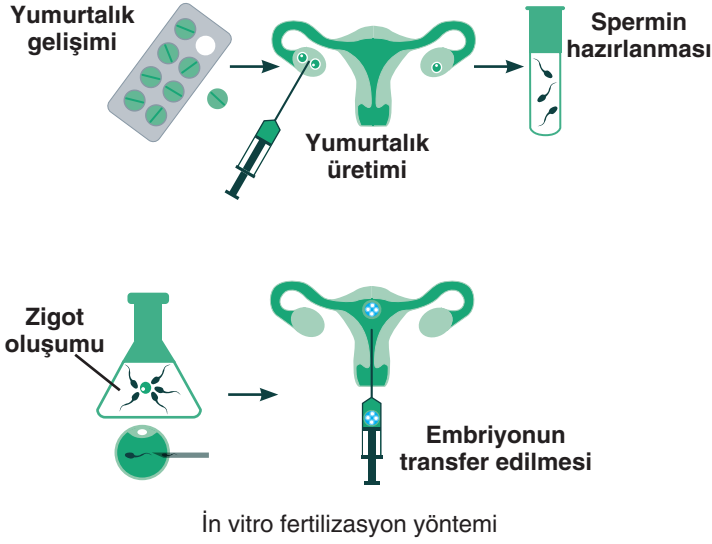
3 Sperm ve oosit zarlarının kaynaşmasıyla sperm çekirdeği ve sitoplazma içeriği oosit içine geçer. İlk sperm zona pellusidaya girdikten sonra oosit tarafından salgılanan maddelerle zona pellusidanın yapısında meydana gelen değişiklik, diğer spermilerin oosite ulaşmasını önler. Eş zamanlı olarak mayoz II'nin metafaz evresinde bekleyen ikincil oosit hücresi de mayozu tamamlar.

1 Dişi üreme sistemine gelen spermlerden çok az bir kısmı canlı kalmayı başarak yumurta kanalındaki ikincil oosite ulaşır. Spermin oosit içine girebilmesi için öncelikle etrafını çevreleyen folikül hücrelerini geçmesi gerekir. Sperm akrozomdan salgıladığı enzimler sayesinde açtığı yol ile folikül hücrelerinin arasından geçer.



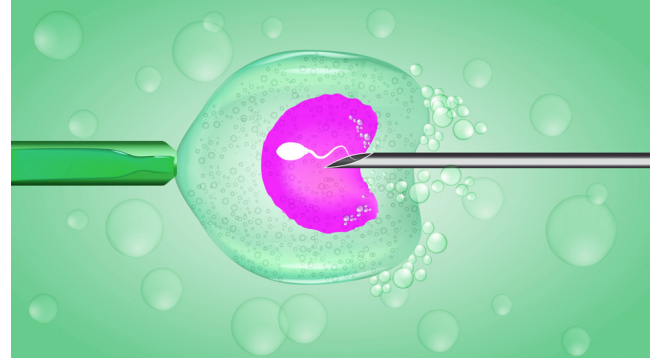
Yumurta kanalında ikincil oositin sperm ile birleşmesi (döllenme) sırasında gerçekleşen olaylar

- Döllenmeden sonra zigot arka arkaya mitoz geçirmeye başlar. Bir taraftan da pasif olarak rahme doğru ilerler.
- Herhangi bir nedenle çiftlerin çocuk sahibi olamaması durumuna **kısırlık** denir.
- Dişilerde hipofiz bezi hormonlarının az salgılanmasına bağlı olarak ovulasyonun gerçekleşmemesi, endometriyum yapısındaki anormallikler, yumurta kanalının tıkalı olması gibi durumlarda kısırlık görülebilir.
- Erkeklerde ise sperm sayısının azlığı, sperm taşıyan kanallardaki yapısal bozukluklar gibi durumlar kısırlık sebebidir. Geliştirilen üreme teknolojileri ile sorunun kaynağına yönelik tedavi yöntemleri uygulanmaktadır. Hormon tedavisi ile yumurta ve sperm sayısı artırılmakta, cerrahi operasyonlarla üreme yollarındaki sorunlar çözülmektedir.



Birçok çift, yardımcı üreme teknolojileri (ART) adı verilen uygulamalarla çocuk sahibi olabilmektedir. Yumurtanın alınması, vücut dışında sperm ile döllenmesi, döllenmiş yumurtanın ya da yumurta-sperm karışımının gelişim için dışı üreme sisteminde uygun yere yerleştirilmesi aşamalarını kapsar. İn vitro fertilizasyon tekniği (IVF) bu tekniklerden biridir. IVF yönteminde dışıye verilen hormonlarla yumurtalıklarda çok sayıda folikül geliştirilir. İkincil oositler ile spermelerin vücut dışında kültür ortamında döllenmesi sağlanır. Döllenmiş yumurtalar en az sekiz hücreli yapı oluşturduktan sonra annenin rahmine yerleştirilir ya da daha sonraki gebelik denemeleri için dondurularak saklanır.

Metafaz II aşamasındaki ikincil oositin sitoplazmasına tek bir sperm çekirdeği, mikropipet yardımıyla yerleştirilmesi **mikroenjeksiyon yöntemi** adını alır. Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen işlemlerde elde edilen döllenmiş yumurtalar; ısı, nem, oksijen ve karbondioksit oranları özel olarak belirlenmiş, rahme benzer bir besin ortamında bir süre bekletilir. İlk bölünmeleri geçiren embriyo, anne rahmine yerleştirilir. Bu in vitro yöntemler **tüp bebek uygulamaları** olarak isimlendirilmektedir.



Mikroenjeksiyon

ÜREME SİSTEMİNİN SAĞLIKLI YAPISININ KORUNMASI



Dengeli beslenmek, fiziksel aktiviteler yapmak, tütün mamullerinden ve alkolden uzak durmak gerekir. Kişisel temizlik kurallarına uyulmalı, pamuklu çamaşır tercih edilerek her gün değiştirilmeli, dış üreme organları temiz ve kuru tutulmalıdır.

Üreme organlarının yapısı ve şekli ile ilgili gözlemlenen farklılıklar, kadınların üreme döngüsündeki düzensizlikler gibi durumlar ihmal edilmemeli, uzman bir doktora gidilmelidir.

Ergenlik ve yetişkinlik dönemlerinde yeterince ve doğru bilgilendirmenin yapılmaması özellikle cinsel yolla bulaşan hastalıklar olmak üzere birçok üreme sistemi hastalığının görülme nedenidir. AIDS, hepatit B, hepatit C, bel soğukluğu, frengi, genital organ siğili, genital herpes gibi cinsel yolla bulaşan hastalık risklerine karşı gerekli tedbirler alınmalıdır.

EMBRYONİK GELİŞİM SÜRECİ



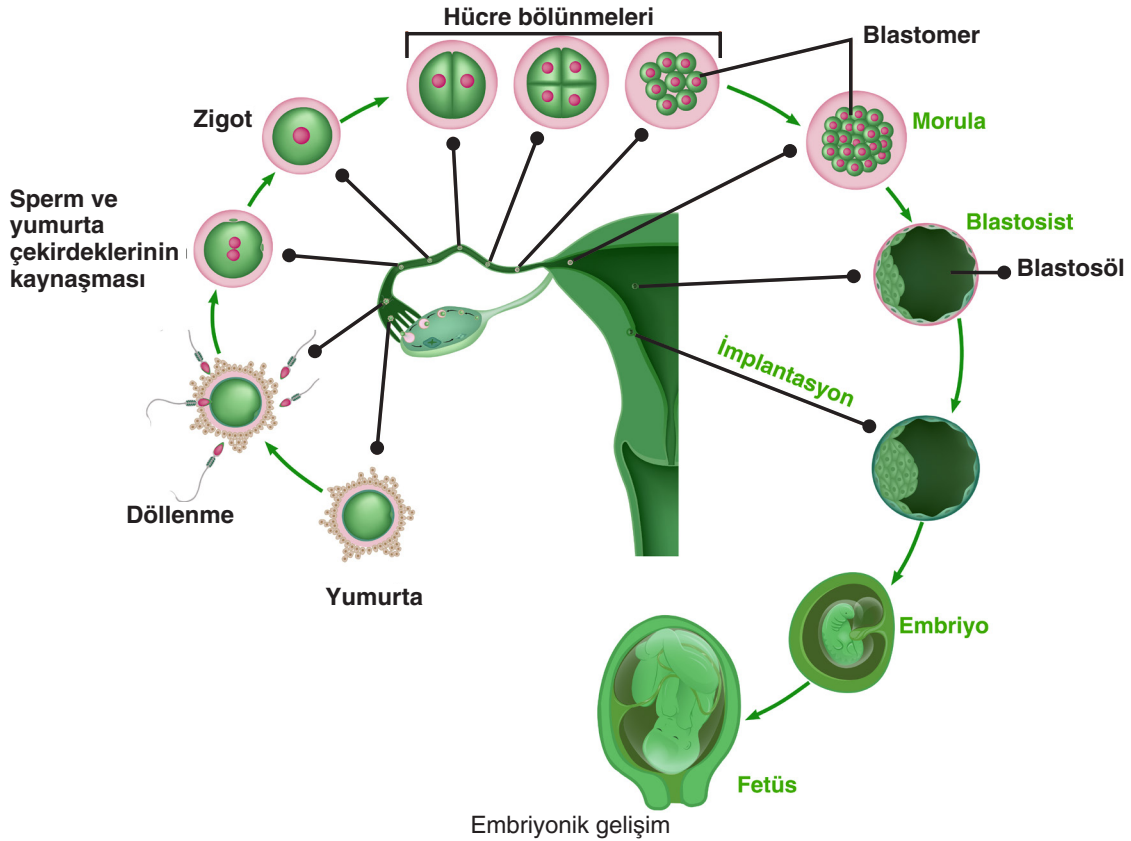
Embriyonik gelişim zigot oluşumu ile başlayıp büyüme ve gelişmeyle devam eden yeni bireyin oluşması sürecidir.

Büyüme, mitoz ile hücre sayısındaki artıştır. **Gelişme**, doku ve organların oluşması ve olgunlaşması sürecinde geçirdiği değişikliklerdir.

Yumurta kanalında döllen embriyonun rahimde gelişim süreci devam eder. İnsanlarda toplam gebelik süresi 38-40 haftadır. Döllenme sonucu oluşan zigot, önce **embriyo**; farklılaşmanın ileri evrelerinde **fetüs** adını alır.

Embriyonik Gelişim

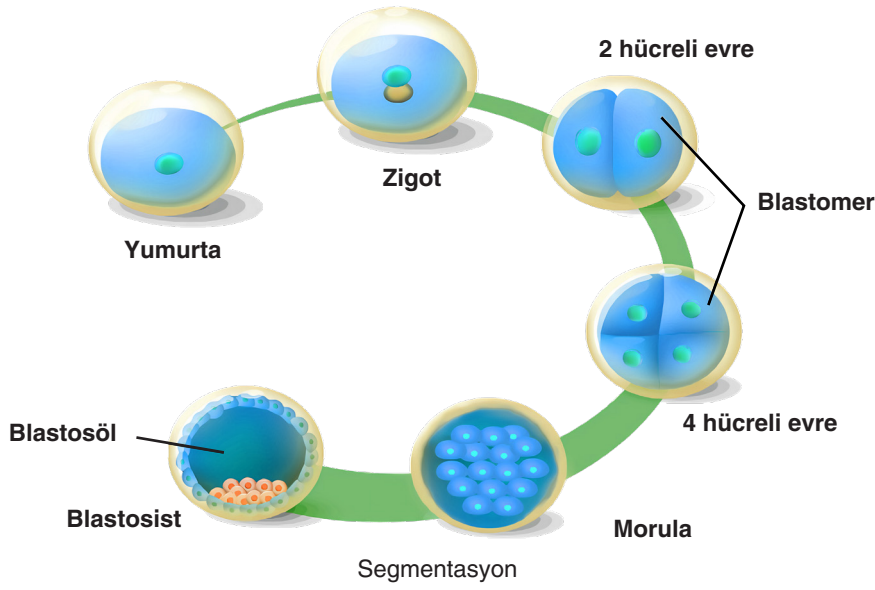
- Embriyonik gelişim sırasıyla **segmentasyon**, **gastrulasyon** ve **organogenez** evrelerinden oluşur.



Segmentasyon

- Segmentasyon, zigotun arka arkaya mitoz geçirmesiyle bir hücre kitlesine dönüştüğü evredir. Yumurta kanalında başlar ve yaklaşık üç gün sürer. Bölünme sonucunda oluşan hücrelerin her birine **blastomer** adı verilir. Hücreler bölünmeye devam ederek yumurta kanalının sil hareketi ve kas kasılmaları ile rahme doğru ilerler.
- Hücre büyümesi gerçekleşmediği için her bölünmeden sonra zigot gittikçe küçülen hücrelere bölünür. Bu nedenle hücre sayısı artmasına rağmen toplam hacim, zigot ile aynıdır. Hücrelerin DNA'sındaki genlerin tamamı aktiftir.
- Blastomerler, bölünmeye devam ederek çok sayıda hücre oluşmasını sağlar. Oluşan bu hücreler, aynı büyüklükte ve kalıtsal yapıdaki dut görünümlü hücre topluluğu olan **morula**ı oluşturur. Zona pellusida ile örtülü olan morula, boyut olarak zigotla aynı büyüklüktedir.
- Bir süre sonra moruladaki hücreler kenarlara doğru göç eder ve içi boş top şeklindeki hücre topluluğu **blastula** oluşur. Blastula içindeki sıvı dolu boşluk **blastula boşluğu** (blastosöl) adını alır. Blastula evresindeki hücre kitlesine **blastosist** denir. Blastosist hâlindeki embriyo, rahme ulaşır ve döl yatağına tutunmaya başlar.

Embriyonik gelişim



- Blastosistten alınan hücelere **embriyonal kök hücre** denir. Bu hücrelerin birçok hücre tipine dönüşebilme yeteneği vardır.
- 100'den fazla hücreye sahip olan blastosist, döllenmeden yaklaşık 4-5 gün sonra rahme ulaşır 1-2 gün sonra endometriyuma tutunur. Endometriyuma tutununcaya kadar rahim içindeki endometrium salgılarıyla beslenir.
- Blastosistin endometrium tabakasına tutunması ve gömülmesi olayına **implantasyon** denir. İmplantasyon sırasında zona pellusida çözünür, blastosisti çevreleyen hücreler endometriyumla temas eder. Bu hücreler salgıladıkları enzimlerle blastosistin endometrium içine doğru hareketini ve gömülmesini kolaylaştırır. Ayrıca endometrium içine doğru oluşturdukları çok sayıda villus ile embriyonun besin almasında etkilidir. Embriyoyu oluşturacak olan içteki hücrelerden bir kısmı da embriyo etrafındaki **ekstraembriyonik zarları** oluşturur.

Ekstraembriyonik Zarlar	Görevi
Korion zarı	Embriyonun gaz değişiminin gerçekleştiği bölümdür. Plasentanın yapısına katılır.
Amniyon zarı	Embriyoyu dıştan çevreleyen zardır. İçindeki boşluk amniyon sıvısı ile doludur. Amniyon sıvısı içinde bulunan embriyo, mekanik etkilere karşı korunur.
Allantoyis	Göbek kordonunun yapısına katılır. Kordondaki kan damarlarını oluşturur.
Vitellüs kesesi	Kan hücrelerinin erken embriyonik dönemde üretildiği yerdir. Kan hücreleri daha sonra embriyo içine göç ederek uygun yerlere taşınır.

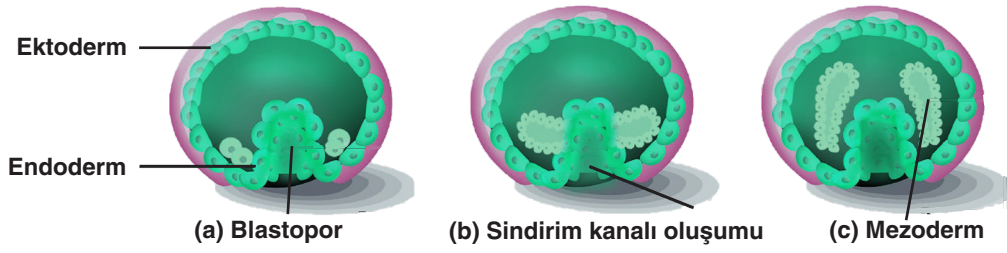
Gastrulasyon

- Segmentasyon sonucunda endometriyuma gömülen embriyoda implantasyonun tamamlanmasıyla **gastrulasyon evresi** başlar. Blastosistin alt yüzeyindeki bir hücre takımı, hücre göçüyle blastula boşluğuna doğru hareket eder. Bu evrede tek tabakalı olan blastula, **gastrula**ya dönüşür. Gastrula boşluğu oluşur ve boşluğun dışarı açılan kısmına **blastopor** (ilk ağız) denir. Gastrula boşluğu, ileriki dönemlerde sindirim borusunu oluşturacaktır.
- Gastrulasyon evresinde görülen yoğun hücre göçü hareketiyle embriyo üç tabakalı yapıya dönüşür. Embriyonik tabakalar dıştan içe doğru **ektoderm** (dış deri), **mezoderm** ve **endoderm** (iç deri) dir. Bu tabakalar arasında görülen etkileşim, doku ve organların oluşmasına imkân verir. Örneğin ektoderm tabakasından kıl, tırnak, göz merceği gibi yapılar oluşur. Endodermden solunum yolu, karaciğer, pankreas gibi yapılar oluşur.



DİKKAT

Farklılaşma evresinde gastrulasyondan sonra içeriye doğru göç eden hücreler blastosölde üçüncü bir tabaka oluşturur ve bu tabaka **mezoderm** (orta deri) adını alır. Mezoderm tabakası da endoderm ve ektoderm tabakası gibi ileride çeşitli doku ve organları meydana getirir.



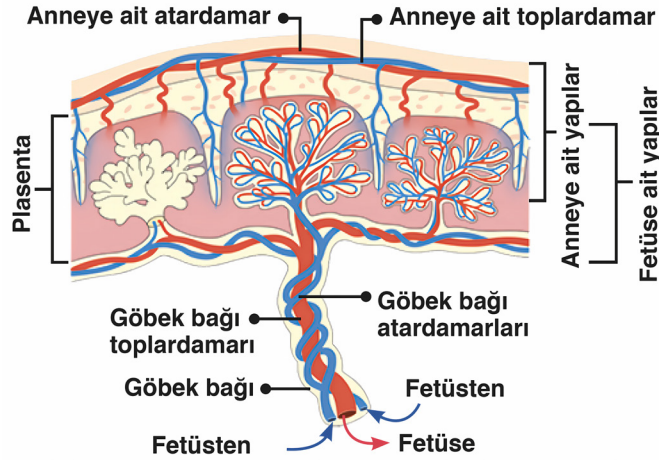
Gastrulasyon (a), farklılaşma (b ve c)

Organogenez

- Gastrulasyon evresinden sonra **organogenez evresi** başlar. Bu evrede ektoderm, endoderm ve mezoderm embriyonik tabakalarından doku ve organlar gelişir. Örneğin mezoderm tabakasından böbrek, üreme organları gibi yapılar oluşur.
- Organogenezde ilk oluşan organlar beyin ve omuriliklidir. Organ oluşumu, gebeliğin ilk üç ayında gerçekleşir. Bu nedenle gebeliğin ilk üç ayında yetersiz beslenme, bazı ilaçlar, virütik hastalıklar, radyasyon gibi etkenler embriyonun gelişimini olumsuz etkileyebilir. Organogenezin ardından hücre büyümesi ve farklılaşması gerçekleşir. Kendi işlevlerini yapacak hücreler bir araya gelerek dokuları, dokular da organları oluşturur. Organogenez sürecinde bazı hücreler kendi yerlerinden ayrılarak başka yerlere göç ederken bazı hücreler de ölüme programlanmıştır. Buna **apoptozis** denir. Parmaklar arasındaki boşluklar, sindirim kanalı boşluğu apoptozis sayesinde gerçekleşir.

Plasenta ve Göbek Bağı

- Embriyonun rahim içine yerleşmesi ile burada **plasenta** ve **göbek bağı** adı verilen özel yapılar gelişir.



Plasenta ve göbek bağına yapısı

- Gelişimin ilk 2-4 haftalık döneminde embriyo, besin ihtiyacını endometriyumdaki karışıklardan karşılar. Sekiz haftaya kadar endometriyum bu görevi sürdürür. Embriyo, implantasyondan bir hafta sonra oluşmaya başlayan plasentadan da beslenmeye başlar.
- Blastosistin dış tabakası dışarı doğru büyüyüp endometriyumla birleşerek **plasenta**ı oluşturur. Plasenta hem anneye hem de embriyoya ait kan damarlarını içeren disk şeklinde bir yapıdır. Dıştan içe doğru koryon ve amniyon zarından oluşur. Bu zarların arasından iki atardamar, bir toplardamar **göbek kordonunu** oluşturur. Göbek kordonundaki kan embriyoya aittir. Ağırlığı doğuma kadar yaklaşık 1 kg'a kadar ulaşabilir.
- Plasenta, anne ve embriyo arasında besin maddelerinin, solunum gazlarının ve metabolik atıkların değişiminin gerçekleştiği yerdir. Annenin antikorlarının bebeğe geçmesini sağlayarak bebeğin bağışıklık kazanmasında etkilidir.

! DİKKAT

Gebeliğin ilk 10-12 haftasında plasentadan yüksek oranda hCG hormonu salgıladığından endokrin bez özelliği gösterir. Bu hormon, korpus luteumun bozulmasını önleyerek korpus luteumdan östrojen ve progesteron salgılanmasını devam ettirir. hCG hormonunun zamanla azalması sonucu östrojen ve progesteron üretme görevini plasenta üstlenir.

- Göbek kordonu embriyonun plasenta ile bağlantısını sağlarken plasenta ile embriyo arasındaki madde alışverişini sağlayan damarları korur. Göbek kordonu içinde embriyoya ait olan iki atardamar ve bir toplardamar bulunur. Göbek kordonundaki atardamarlar embriyoda üretilen metabolik atıkları ve oksijen bakımından fakir kanı anneye getirirken toplardamar anneden alınan oksijen bakımından zengin kanı ve besin maddelerini embriyoya iletir.



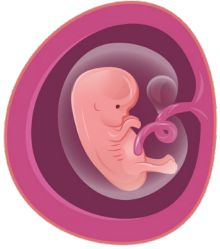
KRİTİK BİLGİ

Doğum sırasında göbek kordonu içinde kalan kana **kordon kanı** denir. Kordon kanında kök hücre elde edilebilecek en genç hücreler bulunur. Bunlar, saklanmak için dondurulduklarında yaşlanma ve yıpranma süreçleri de durdurulmuş olur. Kordon kanı kök hücrelerinin kemik iliği kök hücrelerine göre üreme hızı daha fazladır. Kordon kanı; lösemi, lenfoma, orak hücreli anemi gibi pek çok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Ülkemizde "kordon kanı" bankası olarak hizmet veren kuruluşlar bulunmaktadır.

Embriyonik Dönem

- Gebelik süresi yumurtanın döllelenmesinden itibaren yaklaşık 266 gündür (38 hafta). Gebeliğin sekizinci haftasından sonra embriyo **fetüs** olarak adlandırılır.
- Döllelenmenin 4. haftasında kalp, dakikada yaklaşık 65 atımla çalışmaya başlar.

Fetal Dönem



2. ay

Gebeliğin 8. haftasının sonunda embriyo, **fetüs** olarak adlandırılır. Bu döneme **fetal evre** denir. Fetal evrede organlar artık daha belirgin bir hâl alır. Ancak doğuma kadar hatta doğumda bile fetüsün sinir sistemi, böbrekler ve karaciğer gelişimi tam anlamıyla tamamlanmamıştır.



4. ay/ 23-190 g

Dördüncü aydan sonra fetüsün organları, yeni doğaninkiyle neredeyse aynıdır. Ancak organlardaki hücresel değişim devam eder. Fetüs, özellikle gebeliğin son 3 ayında ağırlaşır ve boyca uzar. Amniyotik boşlukta hava bulunmadığından fetal yaşam sürecinde solunum işlevi oluşamaz.

Gebeliğin 3 ve 4. aylarında omurilik ve beyin sapı ile ilgili refleksler oluşmasına rağmen merkezî sinir sisteminin beyin kabuğunu ilgilendiren işlevleri doğumda bile tam gelişmemiştir.



6. ay/ 500-1000 g

Fetüs böbrekleri idrar yapımına gebeliğin yaklaşık 6. ayında başlar ve amniyon sıvısının yaklaşık %70-80'i fetüs idrarından oluşur. Bu idrar, kandaki atıklar göbek kordonu ile atıldığından tam bir idrar değildir. Fetüste böbrek gelişimindeki bozukluklar amniyon sıvısı oluşumunu azaltır ve fetüsün ölümüne yol açabilir.

- Genellikle hamileliğin tamamlanma süresi olan yaklaşık 270 gün sonra çocuk doğar. Bu süreden önce doğan çocuklar **prematüre** olarak adlandırılır.
- Doğum başladığında uterustaki kasılmalar sayesinde serviks genişler. Serviksin genişlemesi, oksitosin salgısını artıran sinirlerin uyarılmasını sağlar. Salgılanan oksitosin, uterusun kasılmalarını artırır ve doğum gerçekleşir. Ayrıca oksitosin salgısı, süt kanallarına sütün dolmasını sağlayarak doğan bebeğin beslenmesini ve annenin bu duruma hazır olmasını sağlar.

Hamilelikte Bebeğin Gelişimini Olumsuz Etkileyen Faktörler

- Fetüs gelişimini genetik ve çevresel faktörler etkilemektedir. Özellikle doku ve organların oluşmaya başladığı erken embriyo döneminde X ışınımına maruz kalma ve kontrolsüz ilaç kullanımı ciddi gelişim bozukluklarına yol açar, hatta gebeliğin sonlanmasına neden olabilir.
- Hamileliğin ilk üç ayında röntgen çekirmek gibi X ışınımına maruz kalınan uygulamalardan kaçınılmalı, doktor kontrolü dışında ilaç kullanılmamalıdır. Tütün mamulleri ve alkollü içeceklerden uzak durulmalıdır.
- Anne adayının yeterli, dengeli ve düzenli beslenmesi önemlidir. Folik asit eksikliği fetüsün erken gelişim döneminde beyin ve omurilik oluşumunda sorunlara neden olacağından annenin folik asit ihtiyacı artar. Hamilelikten önce alınmaya başlanması ve özellikle hamileliğin ilk üç ayında kullanılması sağlıklı sinir sistemi gelişimi için önemlidir. Folik asit, fetüste DNA ve protein sentezinin sağlıklı yürütülmesini sağlar. Folik asit; ıspanak gibi koyu yeşil yapraklı sebzeler, et, yumurta, karaciğer ve baklagillerde bol miktarda bulunur.
- Hamilelikte vitaminlere ve demir, kalsiyum, fosfat gibi minerallere olan ihtiyaç artar. Alyuvar üretiminde ve sinir sisteminin gelişiminde B12 vitamini, kemik gelişiminde D vitamini, bağışıklık sisteminde C vitamini gereklidir. K vitamini, kanamalara özellikle doğum sırasında oluşabilecek beyin kanamalarına karşı koruyucudur. Demir eksikliği, anne ve bebekte anemiye sebep olur.
- Anne adayının psikolojik sağlığının korunması da hamilelikte önemlidir. Annenin yaşayacağı yoğun stresin sinirsel ve hormonal etkileri fizyolojik tepkilere neden olur. Tansiyon ve kan şekerinin yükselmesi, kalp atışlarının hızlanması, bağışıklık sisteminin zayıflaması gibi fizyolojik tepkiler fetüs sağlığını da etkilemekte; erken doğum riskini artırabilmektedir.



DİKKAT

Anne yaşının 35'in üzerinde olması, ailede kromozomal anormallik, ultrasondaki şüpheli durumlar gibi riskli gebeliklerde, genellikle 15-20. haftaları arasında **amniyosentez** uygulanır.

Amniyosentezde amniyon sıvısından alınan örnekte kromozomal taramalar yapılarak genetik riskler tespit edilir.

Hamileliğin İzlenmesinin Bebeğin ve Annenin Sağlığı Açısından Önemi



Hamilelikte düzenli aralıklarla sürecin takip edilmesi anne adayı ve fetüs için önemlidir.

Yapılan takiplerde anne adayının boyu, kilosu, kan değerleri, tansiyonu ölçülmekte ve glikoz tarama testleri uygulanmaktadır. HIV, hepatit B ve birçok enfeksiyon riski taşıyan hastalığa karşı tetkikler yapılmaktadır. Kan uyuşmazlığı durumu varsa fetüsün etkilenip etkilenmediği yapılan testlerle tespit edilmektedir. Ultrason ile fetüste görülebilecek anormali risklerinin erken tespiti yapılabilmektedir. Bu yöntemle fetüsün boyu, kilosu, doku ve organlarının gelişimi izlenmektedir. Koryon villus biyopsisi (plasenta biyopsisi), amniyosentez gibi uygulamalarla kromozomal taramalar yapılmakta, genetik hastalıklar tespit edilmektedir.



KOMÜNİTENİN YAPISINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Komünitelerin Genel Özellikleri

- Belirli bir bölgede birbirleriyle etkileşim hâlinde bulunan canlı ve cansız etmenlerin oluşturduğu sisteme **ekosistem** denir. Ekosistemler; gölet, mercan kayalığı, çayır gibi küçük bölgesel yapılar olabileceği gibi daha geniş bir yaşam alanını içine alan coğrafi bölgelerden de oluşabilir.
- Belli bir çevrede birbiri ile etkileşim hâlinde yaşayan, farklı türlerin oluşturduğu topluluğa **komünite** denir. Komüniteler ekosistemlerin canlı ögeleridir. Kaz Dağları ormanlarını oluşturan ağaç türleri ve bu ormanda yaşayan diğer canlılar, Van Gölü'ndeki balık ve sucul omurgasız canlılar komünite örnekleridir. İnsan sindirim sistemindeki mikroorganizmalar da komüniteye örnek olarak verilebilir.



HATIRLAYALIM

Komüniteler birbiriyle komşu olabilir, kesişebilir ya da birbirini kapsayabilir.

Komünitelerin Yapısını Belirleyen Etkenler

- Komünitelerin yapısını simbiyotik etkileşimler, beslenme ilişkileri ve tür çeşitliliği belirler.
- Komünitelerdeki tür sayılarında farklılıklar vardır. Bazı türler nadir bulunurken bazı türler yaygın olarak bulunabilir. Bir komünitedeki farklı türlerin zenginliği **tür çeşitliliği** olarak nitelendirilir. Tür çeşitliliğini rekabet, av-avcı ilişkisi gibi canlı etkileşimleri ile ışık, nem, sıcaklık, yağış gibi çevresel faktörler etkiler. Ekosistem çeşitliliği, tür çeşitliliği ve genetik çeşitlilik **biyolojik çeşitlilik** olarak adlandırılır.
- Ekosistemler **karasal** ve **sucul** ekosistemler olarak incelenir. Karasal ekosistemlerde enleme ve büyük bölgesel iklim yapılarına bağlı bir dağılım görülür. Ekvator'dan kutuplara doğru gidildikçe Güneş ışınlarının geliş açısının değişmesi enlemlerde sıcaklık, gece-gündüz sürelerinin farklılığı ve iklimlerde değişime neden olur. Bu değişimler komünitelerdeki tür çeşitliliğinin farklı olmasını sağlar.
- Sucul ekosistemler deniz ve tatlı su ekosistemlerinden oluşur. Her katmanda farklı canlı türleri bulunur.

Sucul ekosistemlerdeki komünitelerin tür çeşitliliği ve dağılımını;

- suyun derinliği ve temizliği,
- ışık geçirgenliği,
- kıyıdan uzaklığı belirler.



DİKKAT

Temiz ve yeterli gün ışığı alan sucul komünitelerde fotosentez yapan canlı sayısı arttığından tür çeşidi sayısı da artar. Derinlik arttıkça ışık azaldığından çeşitlilik de azalır.

Suların kirlenmesi, ışığın suyun derinliklerine ulaşmasını engeller. Sudaki besin ve oksijen miktarının azalması sonucunda tür çeşitliliği olumsuz etkilenir.

- Organizmanın ya da popülasyonun doğal olarak yaşadığı, ürediği ve yerleştiği alana **habitat** denir.



DİKKAT

Habitat

- Bir canlının adresidir.
- Her tür için farklı büyüklüktedir.

Komünitelerde türlerin sahip olduğu görev ve sorumluluklara **ekolojik niş** denir.



DİKKAT

Türlerin Yaşama Birliklerindeki Ekolojik Nişleri

- Türün yediği besine, beslenme zamanına, yuva yaptığı yere, doğal olarak yaptığı işlere bakılarak tanımlanır.
- Türe özgüdür.
- Aynı ekolojik nişe sahip türler arasında besin ve enerji rekabeti artacağından bu türler uzun süre bir arada yaşayamaz.

Komünitede en fazla bulunan ya da toplamda en yüksek biyokütleyle sahip olan, özellikleri ya da faaliyetleri daha fazla dikkat çeken türe **baskın (dominant) tür** denir.



HATIRLAYALIM

Karasal komünitelerde baskın tür genellikle bitkilerdir. Sucul ortamlarda ise baskın türleri her zaman belirlemek mümkün değildir.

Baskın Türlerin Özellikleri

- Komünitenin kaynaklarını en üst düzeyde kullanır.
- Su, mineraller, besin kaynakları gibi sınırlı kaynaklardan yararlanmada diğer türlere göre daha başarılıdır.
- Av olmamada ve hastalıklardan korunmada diğer türlerden daha üstündür.
- Bulunduğu komüniteye adını verir. Örneğin, kızılçam ormanı.
- Besin ve barınak imkânı sunarak diğer türlerin varlığı ve devamlılığı üzerinde kontrole sahiptir.
- Komünitelerden uzaklaştırıldığında türlerin bazılarının birey sayısı artarken bazılarının azalır, hatta bazıları yok olur.



HATIRLAYALIM

Zaman içerisinde yaşam alanlarının bozulması, avlanma gibi nedenlerle baskın tür komüniteden uzaklaşırsa başka bir tür, baskın tür hâline gelebilir.

- Komünitede varlığı ya da yokluğu başka pek çok türün dağılımını ve sayısını etkileyen, komünite üzerinde güçlü bir kontrol sağlayan türe **kilit taşı tür** denir. Çayır köpekleri; şahinler, kartallar, çakallar yılanlar ve yaban gelincikleri gibi canlılar için besin kaynağıdır. Çayır köpekleri yer altına yuvalar ve uzun tüneller inşa ederek çayırılık adeta bir yer altı kasabasına çevirir. İnşa ettikleri yer altı kasabaları toprağın havalanmasını, dışkıları ise toprağın gübrelenmesini sağlayarak sığır, bizon gibi otlayan canlılar için sağlıklı ve daha verimli otların çoğalmasında rol oynar. Aynı zamanda yuvaları örümcekler, böcekler, semenderler gibi başka canlılar için de barınma alanı olarak kullanılır. Çayır köpekleri, gerçekleştirdiği roller açısından kilit taşı türe örnek verilebilir.
- Kilit taşı türler sayıca çok olmasa da ekolojik rolleri bakımından komünitelerin devamlılığını sağlar. Kilit taşı türlerin yok olması komünite yapısının bozulmasına ve ekosistemin işlevini yitirmesine neden olur.
- Bir ekosistemin doğal bitki veya hayvan çeşitliliği içinde olmayıp bu bölgeye dışarıdan gelip yerleşen ve doğal düşmanlarının olmadığı ortamda hızla üreyip çevresel ve ekonomik zararlara neden olan komünitenin yapısını bozan bu yeni türlere **istilacı türler** denir. Örneğin; *Caulerpa taxifolia* [(Kaulerpa taksifolya), (katil yosun)], Akdeniz sularına yayılmış istilacı bir türdür. İstilacı türün aşırı çoğalması, su kirliliğine ve buna bağlı olarak diğer türlerin zarar görmesine neden olur.



DİKKAT

Tür çeşitliliği fazla olan komüniteler, istilacı türlere karşı daha dirençlidir. İstilacı türlerin komüniteye verdiği zarar daha az hissedilir.

- Ekolojik toleransı düşük olması nedeniyle çevresel değişimlerden en kolay etkilenen türlere **gösterge tür** denir. Alabalıklar, soğuk ve bol oksijenli sularda yaşadıklarından oksijence zengin suların gösterge türüdür. Deniz eriştesi bitkisi ve Cystoseira (sistoseyra) cinsi algler temiz suları tercih ettikleri için temiz suların gösterge türleridir.
- Karasal ekosistemler keskin bir sınırla ayrılmayıp birbiri içine girecek şekilde geçiş alanları oluşturur. Bu oluşan geçiş alanlarına **ekoton** denir. Karasal ortam ile göl suyu arasındaki bataklık bölge, mağaraların ağzı, ormanlar ile otluklar arasındaki geçiş bölgeleri ekotona örnekler.
- Komünitede tüketicilerin enerji ihtiyacını karşılayacak besini üreticiler sentezler. Besin ağı ile her trofik düzeyden bir sonraki trofik düzeye madde ve enerji akar.



HATIRLAYALIM

Ekoton

- Az sayıda canlı içerir.
- Her iki komüniteye ait türler bulunur.
- Tür çeşidi bakımından zengindir.
- Madde ve enerji rekabeti daha fazladır.

KOMÜNİTEDE REKABET

- Komünitede **türler arasında rekabet, avlanma av-avcı ilişkisi, amensalizm, mutualizm, kommensalizm ve parazitizm** denilen yaşama şekilleri söz konusudur.

Komünitede Türler Arasındaki İlişkiler

İlişki	Basit Gösterimi	Etkisi
Rekabet	– , –	Her iki tür de olumsuz etkilenir.
Av-avcı	+ , –	Avcı olumlu, av ise olumsuz etkilenir.
Parazitizm	+ , –	Parazit tür yarar sağlarken onun üzerinde yaşadığı konak olumsuz etkilenir.
Amensalizm	0 , –	Bir tür etkilenmezken ikinci tür olumsuz etkilenir.
Mutualizm	+ , +	İki tür de etkileşimden fayda sağlar.
Kommensalizm	+ , 0	Bir tür etkilenmezken diğer tür bu etkileşimden fayda sağlar.

"0" : Canlının yarar veya zarar görmediği durumları ifade eder.

"+" : Canlının yarar gördüğü durumları ifade eder.

"-" : Canlının zarar gördüğü durumları ifade eder.

Komünitedeki Tür İçi ve Türler Arasındaki Rekabet

- Sınırlı olan kaynaklar canlıları rekabete iter.
- Bitkilerde ışık, besin, su gibi kaynaklarla birlikte tozlaştırıcılar için de rekabetten söz edilebilir. Hayvanlarda ise besin, su, eş bulma ve alan rekabete neden olur.
- Rekabette iki taraf da zarar görür. Rekabet sonunda taraflardan biri yok olabilir, popülasyondaki birey başına düşen kaynak alımı, hastalıklara ve avcılara karşı dayanıklılık, büyüme ve gelişme oranları azalır.



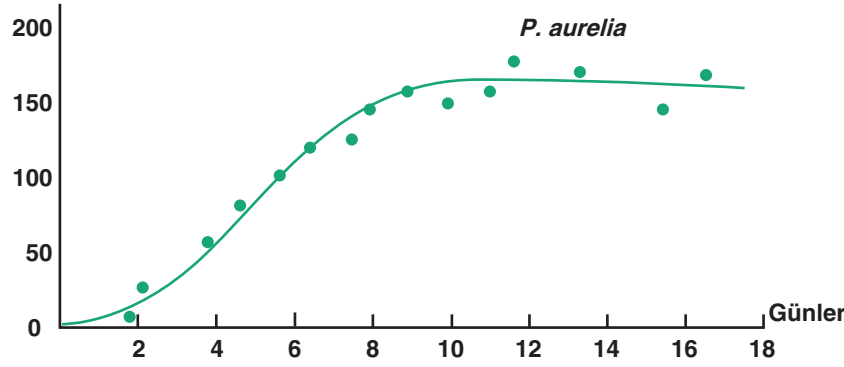
DİKKAT

Rekabetten söz edebilmek için

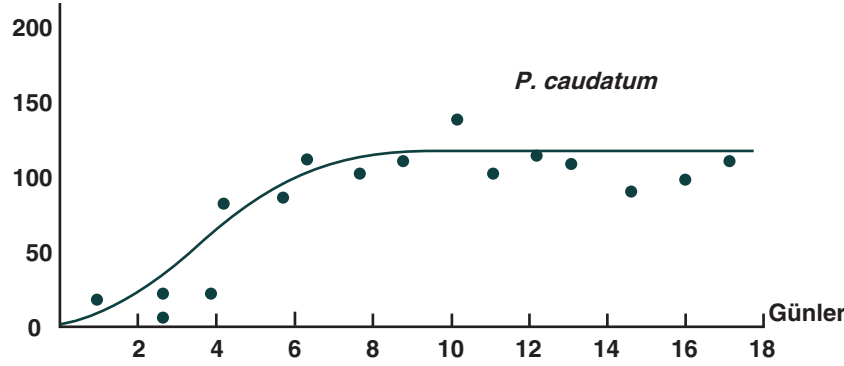
- En az iki organizma aynı kaynağı kullanmalıdır.
- Kaynak sınırlı olmalıdır.
- Rakipler birbirine zarar vermelidir.

Tür içi rekabet bir türün bireyleri arasındaki rekabet olarak adlandırılır. Birey sayısının artması, tür içi rekabetin artmasını tetikler. Tür içi genetik çeşitlilik, farklılıkların oluşmasına dolayısıyla rekabet ortamında güçlü veya zayıf olarak yarışılmasına neden olur. Örneğin; uzun boylu mısırlar, aynı türün kısa boylu olanlarını gölgede bırakarak onları baskılar. Güçlü genç fideler, bodur ve yaşlı olanları gölgeleyerek yeterli ışık almalarını engeller.

Birey sayısı



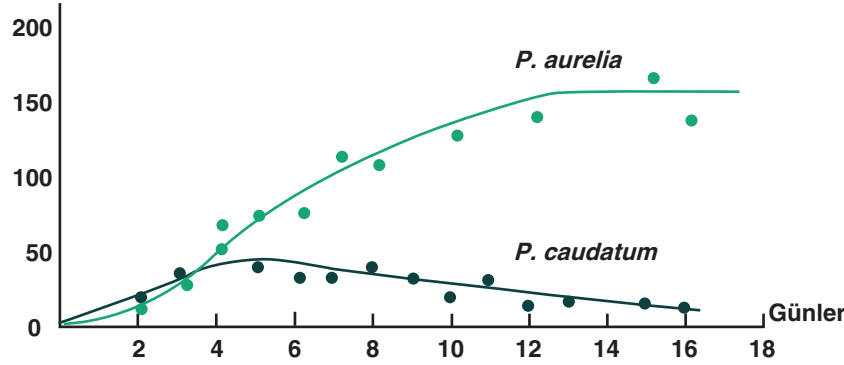
Birey sayısı



Ayrı ortamlarda yetiştirilen iki farklı paramesyumun birey sayısındaki değişim

Rus Ekolog Gause (Gaus) iki protist türü olan *Paramecium aurelia* (Paramesyum aurelya) ve *Paramecium caudatum* (Paramesyum kaudatum) sabit koşullarda ve ayrı ortamlarda yetiştirerek aralarındaki rekabeti izlemiş, taşıma kapasitesine ulaştıklarında şekildeki gibi bir büyüme eğrisi elde etmiştir.

Birey sayısı



P. aurelia ve *P. caudatum*'un birlikte yetiştirilmesindeki birey sayısındaki değişim

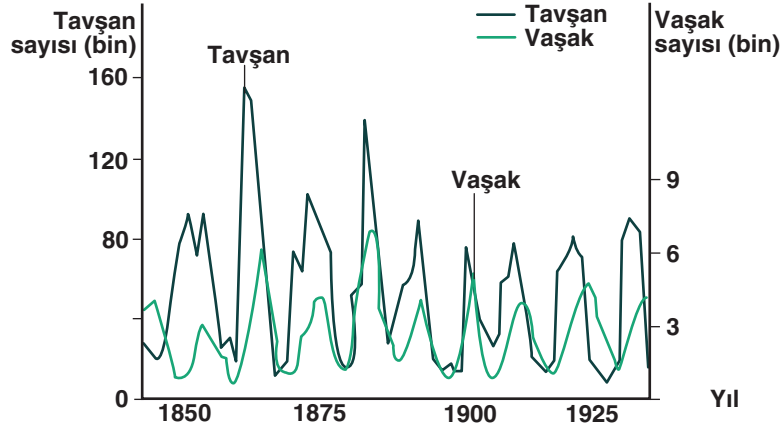
Bir türün diğerine göre ortamdaki sınırlı besin maddelerini daha etkin kullanması diğer türün birey sayısının azalmasına neden olmuştur. *P. aurelia* diğer türe üstünlük sağlamış ve *P. caudatum* yok olmuştur.

Türler arası rekabet; farklı türlere ait bireylerin genellikle aynı su, mineral maddeler ve diğer besin kaynakları, alan paylaşımı, ışık gibi sebeplerle rekabet etmesidir. Örneğin, aynı alanı kullanan bitkilerin ışık kullanımı için rekabeti.

- Rekabet sonucu bazı bireylerin komüniteyi terk ederek başka yerleşim alanına göç etmesine **rekabette elenme** denir.
- Aynı kaynakları kullanan benzer ekolojik nişe sahip türler zamanla kaynak kullanım biçimini değiştirip nişlerinde belirgin farklılıklar oluşturarak komünitede birlikte kalabilmeyi başarır. Bu şekildeki niş değişimi **kaynak paylaşımı** olarak adlandırılır. Örneğin, aynı habitatta ve aynı besinle beslenen iki fare türü olan Kahire dikenli faresi ile altın dikenli fare birlikte yaşadıklarında Kahire dikenli faresi gece aktifken altın dikenli fare gün boyu aktiftir. Aslında altın dikenli fare de gece aktif olacakken diğerleriyle aynı ortamda yaşayabilmek için biyolojik saatini değiştirmiştir.
- Kaynak paylaşımı türlerin aynı habitat içinde yaşamalarına izin verir ancak ekolojik niş değişimi canlılarda morfolojik değişikliklere ve davranış değişikliklerine neden olur. Bu duruma **karakter değişimi** adı verilir. Örneğin, gelincik türleri *Mustela nivalis* (*Mustela nivalis*) ve *Mustela erminea* (*Mustela erminia*)'nın vücut büyüklükleri incelenmiştir. Rekabetsiz ayrı ayrı bulundukları ortamda *M. nivalis* 42,91 cm, *M. erminea* 46,0 cm boy ortalamalarına sahipken iki türün aynı habitatta bulunmaları durumunda *M. nivalis* 39,3 cm, *M. erminea* 50,4 cm boy ortalamasında ölçülmüştür. Gelinciklerin vücut büyüklüklerindeki değişim aynı komünite içinde beslenme farklılığı ve çeşitliliği sağlar.

AV-AVCI İLİŞKİSİ

- Aynı alanda farklı türler arasında gözlenen bir başka beslenme ilişkisi de av-avcı ilişkisidir. Bir canlı, başka canlıları besin olarak tüketmek için saldırıp yaralıyor ya da öldürüyorsa **avcı**; yaralanan ya da ölen **av** adını alır.
- Avcı yarar görürken av zarar gördüğünden "+, -" ilişkisidir.
- Avın çok olması avcı sayısını artırır ve av sayısında azalma meydana gelir. Av sayısı azaldığında avcı için yeterli av olmaz ve avcılar bir kısmı komüniteden ya göç eder ya da yok olur.



Av-avcı arasında birbirini izleyen artış ve azalışlar meydana gelir.

NOT

Bitkilerle beslenen canlılarda av-avcı ilişkisini değerlendirdiğimizde; bitkiyle beslenen canlı avcı, bitki av olarak nitelendirilebilir. Av olan bitkiler avcılarının kaçamayacağından kimyasal toksin, diken, iğne gibi yapıları korunma amaçlı kullanabilir. Tütün bitkisindeki nikotin, çeşitli bitkilerin ürettiği taninler kimyasal savunmaya örnek olabilir.

- Bir tür hem av hem avcı olabilir. Avcılar avlarını bulmak için keskin duyu organı, yakalama ve kontrol için pençe, diş, zehir gibi adaptasyonlara sahiptir. Örneğin çingiraklı yılanlar gözleri ile burun delikleri arasında bulunan sıcaklığa duyarlı organları ile avlarının yerini tespit eder, akrepler zehirli iğneleri ile avlarını etkisiz hâle getirir.
- Av olan canlılarda yenilmekten kurtulmak için saklanma, uçma, sürü veya grup oluşturma gibi adaptasyonlar gelişmiştir.
- Av olan canlılar morfolojik ve fizyolojik savunma adaptasyonları da sergiler. Kamufraj, kirpideki gibi iğnelerin batması (mekanik), kokarcadaki gibi kötü koku yayması (kimyasal savunma)dır. Toksin sentezleme, parlak renklenme, diğer türlere benzeme bunlardan bazılarıdır. Kirpi mekanik olarak dikenleri ile kokarca ise salgıladığı kimyasallarla kendini korumaya çalışır. Ok kurbağası da hem zehirli salgılarıyla hem de parlak renkleri ile avcılardan kendisini koruyabilir.
- Bir türün beslenme, korunma, savunma gibi ihtiyaçları doğrultusunda başka bir türün görünüşünü, kokusunu veya sesini taklit etmesi olayına **mimikri** adı verilir. Mimikri, türün avcıdan korunmasını sağlar. Mimikri hem av hem avcı olan türde görülebilir. Drone sineği, bal arısına benzeyen görüntüsüyle düşmanlarından korunur. Balıkları yakalayarak beslenen timsah kapan kaplumbağası solucan görünümünde bir dile sahiptir.

KOMÜNİTEDE SİMBİYOTİK İLİŞKİLER

- Komünitede farklı iki türün birbiriyle ilişki içinde olmasına, bir arada yaşamasına **simbiyoz yaşam** denir. Canlılar arasındaki bu ilişkiler **yararlı (+)**, **zararlı (-)** veya **nötr (0)** olabilir.
- Simbiyoz yaşam biçimleri; **amensalizm**, **mutualizm**, **kommensalizm** ve **parazitizmdir**.

Amensalizm

- Bir türe ait organizmanın herhangi bir fayda sağlamadan başka bir türün bireylerine zarar verdiği "0 / -" şeklinde ifade edilen etkileşim biçimidir.



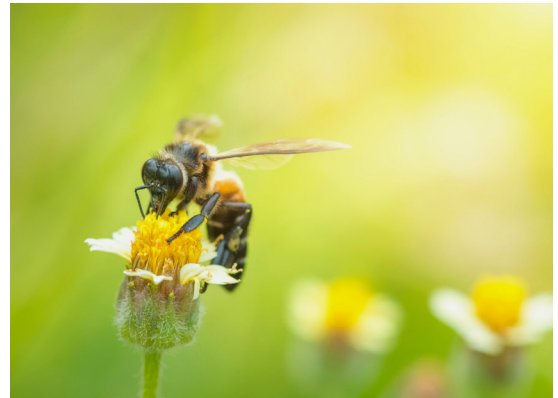
Büyük karasal omurgalılar hareket hâlindeyken otları ezerek onlara zarar verir. Otları ezmeleri kendilerine herhangi bir fayda sağlamazken ezdikleri otlar ve otların ezilmesiyle otların arasında yaşayan küçük omurgasız canlılar zarar görür.

Mandalar, otlar ve omurgasızlar arasında amensalizm görülür.

Mutualizm

- İki farklı organizmanın birbirlerinden yarar sağlamasıyla oluşan yaşam biçimine **mutualizm**, bu canlılara **mutualist canlılar** denir.
- "+ / +" şeklinde ifade edilir.
- İnsanın kalın bağırsağında B ve K vitamini üreten bakteriler ürettikleri vitaminlerle sindirim faaliyetlerinin kolaylaşmasına, zararlı bakterilerin üremesinin engellenmesine ve bağışıklık sisteminin güçlenmesine yardımcı olur. İnsanlar da bu bakterilere besin ve barınma sağladığından karşılıklı yarar ilişkisi vardır.
- Otçul memeliler sindirim sisteminde yaşayan ve selüloz sindiren bakteriler sayesinde selülozun glikoza parçalanması sağlanır. Böylece selülozu sindiren bakteriler kendileri ve otçullar için glikoz üretimi yapmış olur. Otçul memeli de bakteri için besin ve barınma ortamı sağlar.

Bitkiler polen ve tohumlarını yaymak için bazı böcek ve kuş türlerine ihtiyaç duyar. Çiçekli bitkilerden nektar toplayan arı, bu nektarı besin olarak tüketerek kendine yarar sağlarken vücuduna yapışan polenlerin başka çiçekli bitkilere taşınmasını sağlayarak da tozlaşmayı gerçekleştirir.



Tozlaşma-arı beslenmesi



Baklagillerin köklerindeki *Rhizobium* nodülleri

Baklagillerin köklerinde nodüllerde azot bağlayıcı bakteriler [*Rhizobium leguminosarum* (Rizobiyum leguminosarum)] yaşar. Bu bakteriler, havadaki azotu bağlayarak bitkinin kullanmasını sağlarken bitki de bakteriye besin sağlar.

! DİKKAT

Bazı mutualist ilişkilerde iki canlının birlikteliği canlıların yaşamlarının devamlılığı için önemlidir. Bu tür birlikteliklerde canlılardan en az biri diğeri olmadan hayatta kalamaz. Bu birlikteliğe **sıkı (zorunlu) mutualizm** adı verilir.

Mantar ve alg, liken denilen yaşama birliklerini oluşturur. Alg fotosentez yaparak besin ile oksijen üretir ve bunu mantarla paylaşırken mantar da oksijenli solunumla ürettiği su ve karbondioksiti alg ile paylaşır. Mantar ayrıca hif denen uzantılarıyla havanın nemini emer, alge su temin eder. Alg, mantardan almış olduğu su ve karbondioksidi fotosentez için kullanabilir. Alg ve mantar birlikteliği biterse en az ikisinden biri hayatta kalamayacağından bu birliktelik **sıkı (zorunlu) mutualizme** örnektir.



Mantar ve algin oluşturduğu liken



Anemon ve palyaço balıkları

Anemon bir deniz mercanı türüdür ve palyaço balığının yaşam alanını oluşturur. Anemon, yakıcı tentakülleriyle palyaço balığını düşmanlarından korurken palyaço balığı da anemonla beslenen balıkları anemondan uzaklaştırır.

- Bazı mutualist ilişkilerde iki canlı birbirlerinden ayrıldıklarında da yaşamlarına devam edebilir. Buna **isteğe bağlı (gevşek) mutualizm** adı verilir. Örneğin, Afrika'da yetişen akasya ağacı [*Acacia drepanolobium* (Akasya drepanolobiyum)] ve bu ağaçta yaşayan karıncalar [*Crematogaster mimosae* (Krematogaster mimosae)] arasında gevşek mutualizm görülür. Akasya ağacı karıncalara larvalarını koruma, yaşam ortamı ve besin niteliğindeki salgılar sağlar. Karıncalar da ağacı zararlı böceklerden korur. Birliktelikleri bitse de iki canlı yaşamlarına devam edebileceğinden gevşek mutualizme örnektir.

Kommensalizm

- Birlikte yaşayan iki türden birinin yarar sağlarken diğerinin olumlu ya da olumsuz etkilenmediği, "+ / 0" şeklinde ifade edilen simbiyotik ilişki türüdür.
- Vantuzlu Remora balıkları, köpek balığına tutunarak ona zarar vermeden yaşar. Köpek balığının hareketiyle yer değiştirir ve onun yiyecek artıklarından beslenirken köpek balığı bu durumdan olumlu ya da olumsuz bir etki görmez.



Köpek balığı ile Remora balığı

- Sucul kaplumbağaların kabukları üzerinde yaşayan algler üzerinde yaşadıkları konakla yer değiştirir. Böylece algler, başka canlılara yem olmaktan korunurken kaplumbağa algden yarar ya da zarar görmez.

Parazitizm

- **Parazitlik**, bir tür yarar görürken diğerinin doğrudan zarar görmesi şeklindeki simbiyotik ilişkidir.
- Parazitler; virüsler olabildiği gibi bakteri, protista veya bazı mantar türleri gibi tek hücreli ya da bazı hayvan ve bitki türleri gibi çok hücreli organizmalar da olabilir.
- Üzerinde yaşadığı canlıdan beslenen ve ona zarar veren canlıya **parazit (asalak)** adı verilir. Zarar gören canlıya da **konak** denir.
- Parazitin konaktan elde ettiği besin sayesinde hayatta kalma ve üreme yeteneği arttığından (+), konak organizma bu birliktelikten olumsuz etkilendiğinden (–) olarak ifade edilir.
- Parazitlerin bir kısmı vektörlerle konağa taşınır. Paraziti vücudunda bulunduran ve başka konaklara aktarılmasını sağlayan canlılara **vektör (taşıyıcı)** denir. Vektörler eklem bacaklılar, omurgalı veya omurgasız canlılar olabilir.

**DİKKAT**

Tek hücreli parazitlerden *Trypanosoma (Tripanozoma)*, çeçe sineği ile taşınır ve insanlarda uyku hastalığına neden olur. *Plazmodyum malaria (Plazmodyum malarya)* isimli tür, Anofel cinsi sivrisinekler aracılığıyla insanlarda sıtma hastalığına neden olur.

- Parazitlik, hayvanlarda iç ve dış parazitlik olarak iki şekildedir.
- Konağın sindirim yolunda, karaciğer ve akciğer gibi dokularında veya kanda yaşayan vücut içine yerleşmiş parazitlere **iç (endo) parazitler** denir. Plazmodyum, tenya, trişin, kıl kurdu, kancalı kurt çeşitli hastalıklara sebep olan iç parazitlerdir.
- Vücut dışına yerleşmiş olanlara **dış (ekto) parazitler** denir. Bit, pire, tahta kurusu, kene gibi kan emen dış parazitler hastalık taşıyan vektörlerdir.

**HATIRLAYALIM****Parazitler**

- Alerjik etkilere yol açabilir.
- Çoğu üzerinde bulunduğu konağın hastalanmasına ya da ölümüne neden olur. Ancak parazit canlılar konak canlıya bağlı yaşadıklarından parazitin yaşamını sürdürmesi konağın hayatını devam ettirmesiyle mümkündür.

- Bitkisel parazitlerde **emeç** denilen köke benzer yapılar başka bir bitkiden besin, su ve mineral alımını sağlar.
- Bitkilerde parazitlik **tam** ve **yarı parazitlik** olarak iki şekildedir.
- **Yarı parazit bitkiler**, emeçlerini konak bitkinin odun borusuna kadar uzatarak sadece su ve minerallerini alır. Bu bitkilerin klorofilleri olduğu için kendi organik bileşiklerini fotosentezle sentezleyebilir.



Ökse otu yarı parazit bitkidir.



Tam parazit bitki cinsacı

- **Tam parazitlerin** yaprakları yoktur. Kloroplastları bulunmaz, fotosentez yapamaz dolayısıyla bütün ihtiyaçlarını konak bitkiden karşılar. Üzerinde yaşadıkları canlıların odun ve soymuk borularından besin, su ve mineral sağlar. Canavar otu, verem otu tam parazit bitkilerdendir.

KOMÜNİTELERDEKİ SÜKSESYON

- Komüniteler zaman içinde değişimlere uğrar. Buzul hareketleri, volkanik patlamalar gibi doğal olaylarla ya da yangın, baraj yapımı, aşırı otlatma gibi insan müdahalesiyle komünitenin yapısı bozulabilir, baskın türler yok olabilir ve canlılar göç edebilir. Bozulmuş alanlarda uzun zaman içinde türlerin aşamalı olarak birbirinin yerini almalarına **süksesyon (sıralı değişim)** denir.
- Toprağın henüz oluşmadığı ve yaşamın bulunmadığı bir ortamda genellikle ilk görülen canlılar; üretici ile tüketici prokaryotlar ve bir hücrelilerdir. Ardından liken ve yosunlar oluşur. Zamanla kayaların aşınıp, organik atıkların birikerek toprak oluşumunun başlamasıyla ot, çalı ve ağaçlar gelişir.
- Yangınlar ve bazı yıkıcı faaliyetler sonucu komünite bozulup toprak sağlam kaldığında ise süksesyonu topraktaki mikroorganizmalar başlatır. Mikroorganizmalar toprağı uygun hâle getirerek otsu bitkiler veya ağaçsı çalıların yerleşmesini sağlar. Ardından bu bitkilerin yerine orman ağaçları geçer.
- Süksesyon, birincil ve ikincil süksesyon olarak incelenir. Daha önce hiçbir komünitenin bulunmadığı boş bir alanda başlayan ve yer kaymaları, volkanik patlamalar, buzulların erimesi vb. sonucunda önce toprağın sonrasında da yeni yaşam alanlarının oluştuğu sürece **birincil süksesyon** denir.
- Birincil süksesyon yavaş geliştiğinden yıllarca sürebilir. Birincil süksesyonda sıralı değişim; toprak oluşumu, liken evresi, yosun evresi, ot evresi, funda-çalı evresi ve ağaç evresi şeklindedir.



Klimaks komünite örneği

- Karasal ekosistemlerde yangın, fırtına gibi durumlar bitki örtüsünü kısmen veya tamamen yok eder. Orman alanlarının kesim ya da yangın nedeniyle bozulması, su baskınları, seller, tarım alanlarının terk edilmesi gibi sebeplerle mevcut komünitenin ortadan kalkıp zamanla bu alanlarda canlı çeşitliliğinin gelişim sürecinin yeniden başlaması **ikincil süksesyon** olarak adlandırılır. Süksesyonun başlangıcından bir süre sonra hayvanlar da süksesyon alanına yerleşmeye başlar.
- Yıkıcı faktörler komüniteyi yok edecek şekilde etkili olmazsa zaman içinde ortam koşullarına büyük ölçüde uyum sağlamış ve en yüksek düzeyde gelişme göstermiş, dengelenmiş bir komünite oluşur. Böyle komünitelere **klimaks komünite** adı verilir.

NOT

Klimaks komünitelerde önemli türlerin popülasyonlarında, ölüm ve doğum oranları dengelidir. Klimaks komünite dengeli ve kararlı bir yapıya sahiptir.

POPÜLASYON DİNAMİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Popülasyonların Genel Özellikleri

- Belirli bir zamanda ve belirli bir alanda bulunan tek bir türe ait bireylerin oluşturduğu topluluğa **popülasyon** denir. Antalya bölgesindeki alageyikler, Fethiye'deki kardelen çiçekleri ve Van Gölü'ndeki inci kefalleri popülasyona örnek verilebilir.

Popülasyon Dinamiğine Etki Eden Faktörler

- Popülasyon üyeleri aynı kaynaktan beslenip aynı çevrede yaşadıkları için biyotik ve abiyotik faktörlerden aynı şekilde etkilenirler. Bu nedenle kaynaklar için gerek birbirleriyle gerekse diğer popülasyonlarla rekabet hâlinde dirler.
- Popülasyonlar zaman içerisinde büyüklük, yaş dağılımı, yoğunluk gibi özellikler bakımından değişime uğrayabilir. Popülasyonun yerleştiği alanın özellikleri, sahip olduğu besin kaynakları, ısı, ışık, nem, tür içi ve türler arası girdiği rekabet gibi etkenler **popülasyon dinamiğini** belirler. Popülasyon dinamiği; popülasyonu oluşturan birey sayısı, popülasyonun büyüklüğü, taşıma kapasitesi, dağılımı, yaş dağılımları gibi popülasyon hakkındaki özelliklerin bilinmesini sağlar.

Popülasyonun Yoğunluğu

- **Popülasyonun yoğunluğu** belirli bir zamanda birim alan ya da hacimdeki birey sayısıdır. Örneğin; 1 km²'ye düşen akça ağaç sayısı, Akdeniz'de metreküpteki *Noctiluca milliaris* (*Noktiluca miliaris*) yakamozu sayısı o türlerin o zaman dilimindeki popülasyon yoğunluğunu gösterir.
- Bir popülasyona bireylerin eklenmesi veya popülasyondan bireylerin eksilmesi yoğunluğu değiştirir. Bu da besin bulmayı kolaylaştıracak ya da zorlaştıracığından bireyler arasındaki rekabeti etkiler.
- Yaşam alanı sınırları içinde tüm bireylerin sayılabilmesi hem makro hem mikro canlılar için çok zor bir durum olduğundan bazı örnekleme teknikleri kullanılmaktadır. Popülasyonun yayılış gösterdiği alanlardan seçilen örnekleme alanlarını kullanma, işaretleme yapma ve tek tek sayma bu tekniklerden bazılarıdır ve bunlardan elde edilen verilerle popülasyon yoğunluğu yaklaşık hesaplanmaktadır.

Popülasyonun Dağılımı

- Bireylerin yerleşme biçimi popülasyonun dağılımını oluşturur.

Popülasyonlarda görülen 3 tip dağılım şekli:

1

Kümeli Dağılım

2

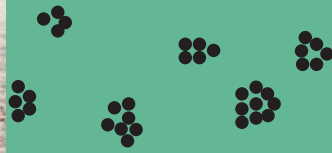
Düzenli (Tekdüze) Dağılım

3

Rastgele Dağılım

Kümeli Dağılım

- En yaygın görülen dağılım şeklidir. Bireylerin belirli alanlarda kümelenmesi durumudur.
- Gruplardaki birey sayıları ve gruplar arasındaki mesafeler değişebilir.
- Popülasyondaki bireyler avlanmak, savunmak, beslenmek ya da üremek için grup oluşturabilir.
- Bitkiler ve mantarlar genellikle çimlenme ve gelişme için uygun olan ortamlarda, denizyıldızları daha kolay besin buldukları gelgit havuzlarında, kurtlar ise avlandıkları bölgelerde kümelenir.



Denizyıldızı ve kurtlarda kümeli dağılım örneği



DİKKAT

Sürü içindeki bireyler grup oluşturarak avlanma, beslenme, savunmada kolaylık sağlarken gereksinimlerin karşılandığı çevreden yararlanma imkânını da artırır.

Düzenli (Tekdüze) Dağılım

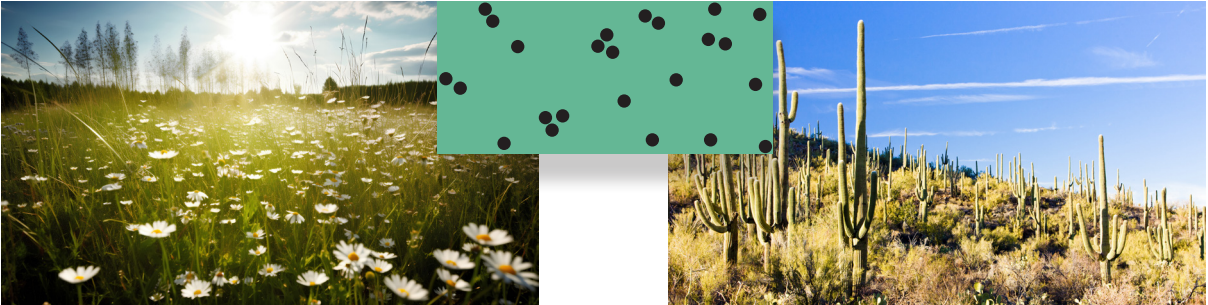
- Zorlayıcı çevresel şartlarda bireyler arasında yetersiz kaynaklar için rekabet söz konusu olduğunda görülen, bireylerin birbirlerini doğrudan etkiledikleri dağılım modelidir.
- Bireyler nispeten eşit uzaklıkta bulunur.
- Zorlayıcı çevresel şartlar nedeniyle bireyler arasında yetersiz kaynaklar için rekabet söz konusudur. Örneğin, hayvanlar genellikle yaşadıkları alanı savunmak için düzenli dağılım gösterir. Örneğin; bazı bitkiler, kısıtlı olan kaynaklar için rekabet ettikleri bireylerin çimlenmesini ve gelişip büyümesini engelleyen kimyasallar salgılar. Böylece kendilerine yaşam alanı yaratır.
- Kümeli dağılıma oranla daha nadir görülen bir dağılım modelidir.
- Atlas Okyanusu'nun güneyindeki kral penguenler ve bazı çam ağacı türlerinde düzenli dağılım görülür.



Penguenlerde ve çam ormanında düzenli dağılım örneği

Rastgele Dağılım

- Popülasyondaki her bir bireyin konumu diğerlerinden bağımsızdır.
- Genellikle bireyler arasında güçlü bir etkileşimin olmadığı, fiziksel ve kimyasal faktörlerin yaşama alanında nispeten sabit olduğu durumlarda görülür. Papatya, kaktüs ve karahindiba gibi bitkiler rastgele dağılıma örnektir. Örneğin, karahindiba tohumları tozlaşma dönemi olan bahar aylarında rüzgârla taşınarak rastgele dağılım gösteren yaşam alanları oluşturur.
- Bu dağılım tipi doğada çok nadirdir.



Papatya ve kaktüslerde rastgele dağılım örneği

Popülasyonun Büyüklüğü

- Belirli bir zaman diliminde popülasyonda bulunan birey sayısı **popülasyon büyüklüğü** olarak ifade edilir. Doğum ve ölüm olayları ile içeriye veya dışarıya göçler birlikte değerlendirilerek popülasyonun büyüklüğü belirlenir.

$$\text{Popülasyon büyüklüğündeki değişim} = \text{Doğum sayısı} + \text{İçe göç} - \text{Ölüm sayısı} + \text{Dışa göç}$$

(A) (B) (C)

- Doğum sayısı ve içe göçü ifade eden B verisi, popülasyon büyüklüğü ile doğru orantılı; ölüm sayısı ve dışa göçü ifade eden C verisi popülasyonun büyüklüğüyle ters orantılıdır. Her iki veri aynı olursa popülasyon dengededir.
- Popülasyonların yaşlara göre hayatta kalma durumlarını göstermek için hayat tabloları hazırlanır. Hayat tabloları, aynı yaştaki bireylerin doğumdan ölüme kadar izlenmesiyle oluşturulur.
- Hayat tablolarındaki veriler kullanılarak **hayatta kalma eğrileri** adı verilen grafikler çizilir.

Hayatta kalma eğrileri 3 tip olarak sınıflandırılır:

Tip I hayatta kalma eğrisi (fizyolojik hayatta kalma eğrisi)

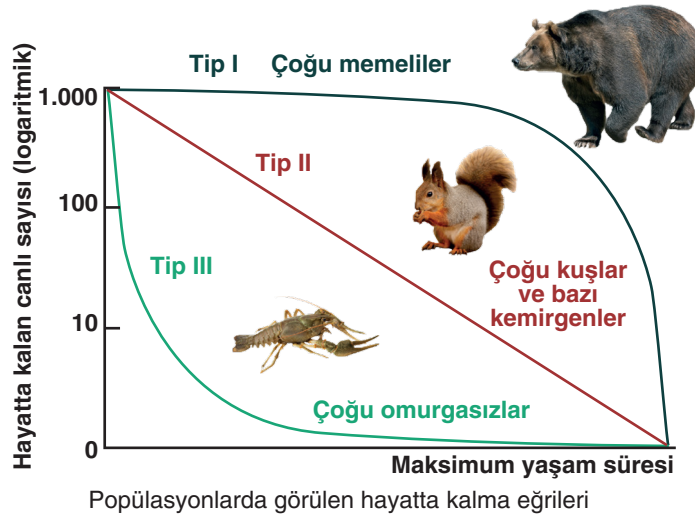
- Bu eğride genç ve ergin dönemde hayatta kalma oranı yüksektir.
- Genellikle yavru bakımı olan, düşük üreme kapasitesine sahip insan ve diğer memeli türlerinde görülen hayatta kalma eğrisidir.

Tip II hayatta kalma eğrisi (ekolojik hayatta kalma eğrisi)

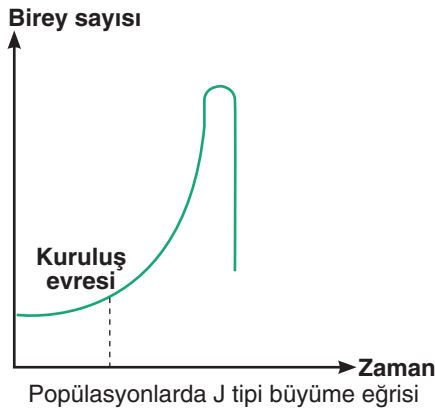
- Her yaşta bireyin ölüm oranının sabit olduğu popülasyonlar için çizilir.
- Çoğu kuş türü, bazı kemirgenler, bazı omurgasızlar ve bazı bitki türlerinde bu tip hayatta kalma eğrisi görülür.

Tip III hayatta kalma eğrisi

- Yavru ve gençlik dönemlerinde hayatta kalma oranları düşük, ergin dönemde hayatta kalma oranları yüksek olan türler için çizilir.
- Tek yıllık bitkiler, çoğu böcek, bazı balık ve pek çok deniz omurgasızlarının yavrularında çeşitli nedenlerle ölüm oranı yüksektir.



- Ortama yabancı türlerin girmesi, habitatların yanlış kullanımı ya da tahribatı, besin zincirlerinde meydana gelen bozulmalarla popülasyon zaman içinde değişimlere uğrayabilir. Belirli çevresel koşullarda ve zaman dilimi içinde popülasyonların birey sayılarında görülen değişim **büyüme eğrileri** ile ifade edilir.
- Bu canlılar başlangıçta çok sayıda yavru veren, genellikle yavru bakımı olmayan türlerdir.



Bir adaya bırakılan çekirge popülasyonu belli bir süre ortama uyum sağladıktan sonra çok hızlı bir şekilde büyüme gerçekleştirir. Böyle ideal ortamlardaki popülasyonların büyüme hızında geometrik bir artış (2, 4, 8, 16,...) gözlemlenir. Ancak bir süre sonra artan besin kıtlığı, rekabet gibi sebeplerle ölümlerde de hızlı bir artış gözlenir. Popülasyonların bu şekilde büyümesi, grafik üzerinde **J tipi büyüme eğrisi** olarak gösterilir.

Popülasyon Taşıma Kapasitesi

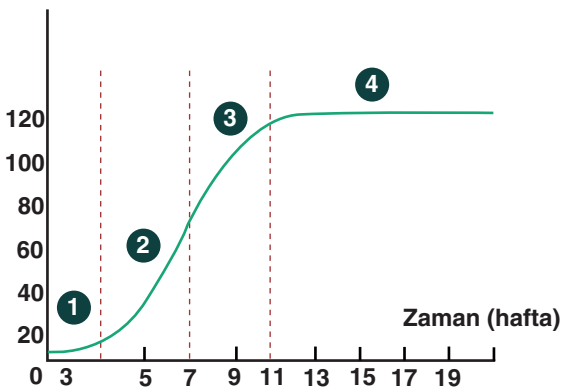
- Doğal ortamlarında canlı ve cansız çevrenin yarattığı bazı sınırlayıcı engellerden dolayı popülasyonlar büyümeyi çok uzun süre devam ettiremez. Popülasyonun yoğunluğu arttıkça besin, yaşam alanı, barınak gibi kaynaklar azalır. Bulaşıcı hastalıklar, mevsimsel değişimler, toplu ölümler, avcı sayısının artmasıyla doğum oranları düşer, ölüm oranları artar. Bunun sonucunda popülasyon tamamen ortadan kalkabilir. Dolayısıyla yaşama alanlarındaki kaynaklar sadece belirli sayıda bireylerin yaşayabilmesi için yeterlidir.
- Belirli bir alandaki popülasyonlarda bulunabilecek en fazla birey sayısı **taşıma kapasitesi** olarak adlandırılır.
- Doğal hayatta popülasyonlar taşıma kapasitesini aşamaz. Çünkü çevre direnci popülasyonun büyümesini sınırlandırır. Popülasyonun bulunduğu ortamdaki avcı sayısı; ısı, ışık, nem ve besin gibi kaynak sıkıntısı; rekabet, parazitler ve hastalıklar gibi faktörler **çevre direncini** oluşturur.



DİKKAT

Popülasyonun birey sayısı taşıma kapasitesinin altındayken popülasyonun büyüme hızı yüksektir. Birey sayısı, taşıma kapasitesine yaklaştıkça artan çevre direnci nedeniyle popülasyonun büyüme hızı yavaşlar. Bu büyüme modeli S tipi büyüme eğrisi olarak adlandırılır.

Birey sayısı

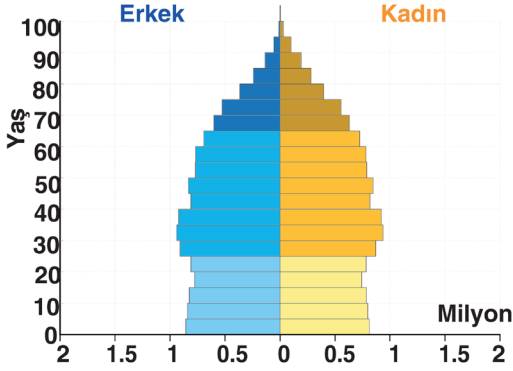


Popülasyonlarda S tipi büyüme eğrisi

- Bir adaya sincap popülasyonu bırakıldığında sincaplar önce uyum süreci yaşar, doğum vardır ancak azdır. Bu evreye **kuruluş evresi** denir.
- Kuruluş evresinden sonra doğum sayısı ve buna bağlı olarak birey sayısı da geometrik dizi şeklinde artar. Bu evreye **logaritmik artış evresi** denir.
- Birey sayısı arttığında alan daralır, besin azalır ve bu durum rekabete yol açacağından popülasyon büyümesini sınırlandırır. Doğum sayısında artış vardır ancak zamanla ölüm sayısının da artmaya başlamasıyla büyüme hızı yavaşladığından **negatif artış evresi** denir.
- Doğum ve ölüm oranlarının birbirine yaklaşmasıyla popülasyon taşıma kapasitesine ve denge hâline ulaşır. Bu evreye de **denge evresi** denir.

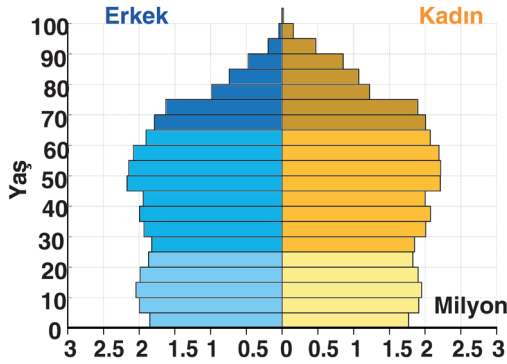
Popülasyondaki Yaş Dağılımı

- Popülasyonlar büyümeyi sonsuza dek sürdüremez. Üreme çağındaki sağlıklı birey sayısının azlığı, kıtlık, açlık ve savaşlar nedeniyle 20. yüzyıla kadar nüfus artışı yavaş gerçekleşmişken sonraki yıllarda sağlık, eğitim, beslenme koşullarındaki iyileşme nüfusun büyümesini hızlandırmıştır.
- Son birkaç yüzyılda insan popülasyonunun hızla artmasıyla kaynak yetersizliği, çevre sorunları, insan dışındaki bazı türlerin nesillerinin tehlike altında olması, bazı türlerin nesillerinin ise tükenmesi gibi sorunlar ortaya çıkmıştır.
- İnsan popülasyonunun büyümesi, insanın üremeyi kontrol edebilmesinden dolayı diğer canlı popülasyonlarının büyümesinden farklı bir nitelik göstermektedir. Ailelerin küçülmesi, sosyal değişiklikler gibi sosyokültürel etkenler demografik geçişe neden oluşturmaktadır. Endüstrileşme ve yaşam koşullarındaki gelişime bağlı olarak, yüksek doğum ve ölüm oranından, düşük doğum ve ölüm oranına doğru gidişe **demografik geçiş** denir.
- Dünya nüfusunda yaş ve cinsiyet yapısı yıllar içinde farklılıklar gösterir. Dünyada farklı kıtalara ait; büyüyen, gelişmekte olan, dengeli, yavaş büyüyen ve azalan, gerileyen popülasyonlara ait yaş piramitleri verilmiştir.

1 Büyüyen, gelişmekte olan yaş piramidi

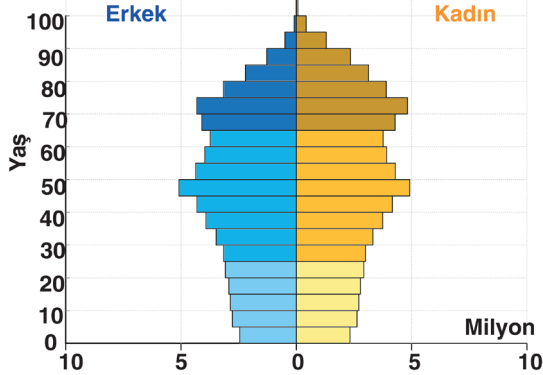
1 Büyüyen popülasyonlardaki genç nüfus fazladır ve bu piramitlerin taban kısmı geniştir. Örnek: Afrika kıtası.

Hızlı büyüyen bir popülasyonda gençlerin ve üreme çağındaki bireylerin sayılarının fazla olması, yakın gelecekte eğitimden yararlanabilme ve iş bulabilme olanaklarının azalmasına neden olabilecektir.

2 Dengeli, yavaş büyüyen yaş piramidi

2 Dengedeki popülasyonlarda yaş grupları birbirine yakındır. Örnek: Asya kıtası.

Yavaş büyüme gösteren popülasyonlarda ise çalışan insan sayısındaki zamana bağlı azalma, emekli insan popülasyonunun artışına neden olacaktır.

3 Azalan, gerileyen yaş piramidi

3 Azalan ya da gerileyen popülasyonlarda ise nüfus azalıp yaşlı nüfus arttığı için dar tabanlı yaş piramidi görülür.

Örnek: Avrupa kıtası.

NÜKLEİK ASİTLERİN KEŞİF SÜRECİ



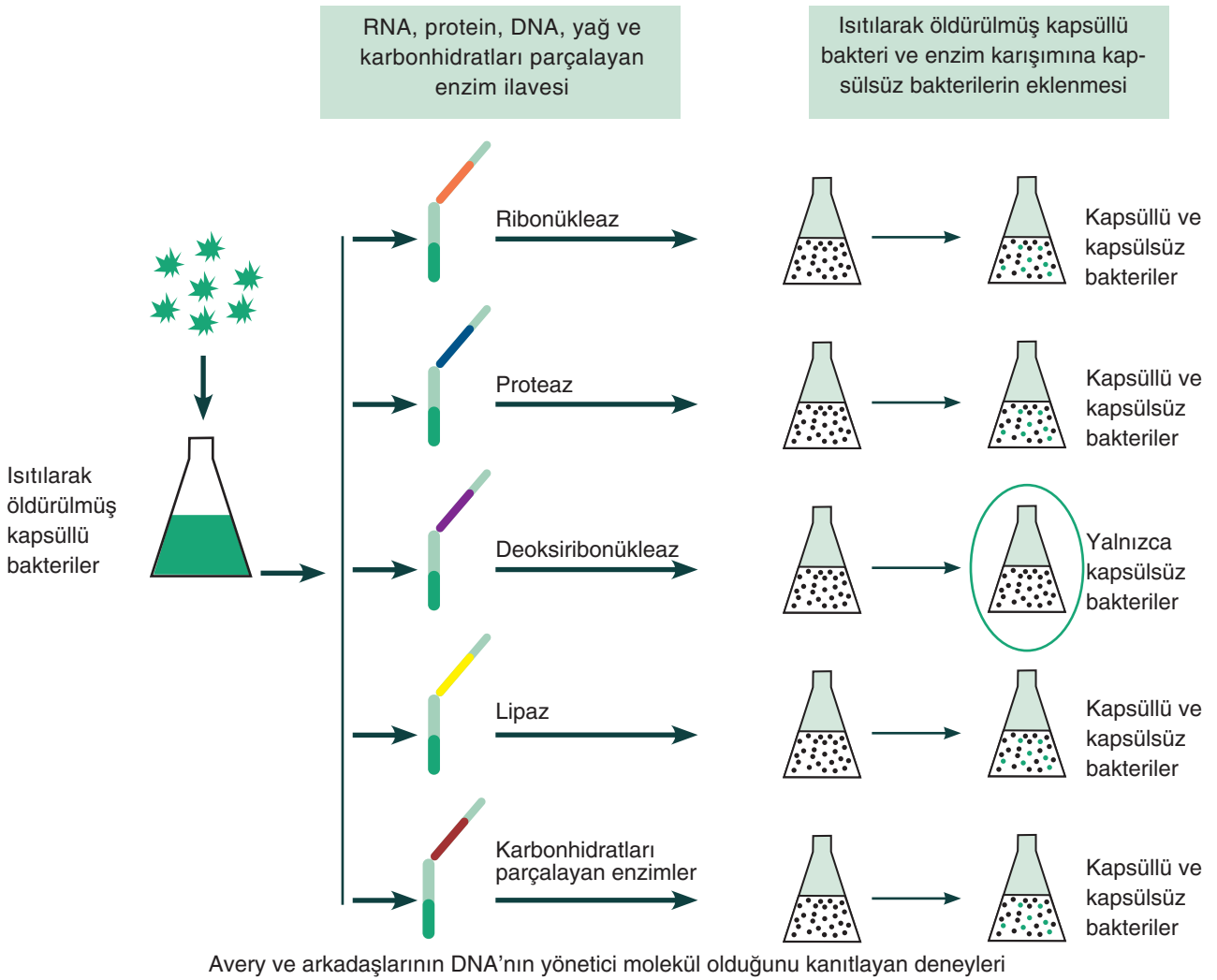
Bilim insanları hücrede gerçekleşen olayları hep merak etmişlerdir. DNA'nın keşfi, biyoloji bilimi için bir devrim niteliğindedir. Hücrelerdeki genetik bilgiyi taşıyan bir molekül olan DNA ve genler üzerinde yapılan araştırmalar büyük projelerin temelini oluşturmuştur. DNA'nın yapısı ile ilgili çalışma, 25 Nisan 1953 tarihinde makale olarak yayımlanarak bilim dünyası ile paylaşılmıştır.

- İsviçreli biyokimya uzmanı Friedrich Miescher (Frideriş Mişer), 1869 yılında irin (iltihap) içindeki akyuvarlardan ve sonrasında da balık yumurtalarının çekirdeğinden o zamana kadar bilinmeyen bir maddeyi izole etmiş ve çekirdeğin içinde asit özelliği gösteren bu moleküllere **nüklein** adını vermiştir. Daha sonraları nüklein, özellikleri ve çekirdekte bulunması nedeniyle **nükleik asit** olarak adlandırılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda bu moleküllerin sadece çekirdekte değil ökaryot hücrelerin mitokondrisinde, kloroplastında ve ribozomlarında; prokaryot hücreli canlıların ise hücre sitoplazmalarında ve ribozomlarında var olduğu görülmüştür. Miescher'in izole ettiği bu parçanın DNA olduğu daha sonra anlaşılmıştır. Mendel'in çalışmalarında kalıtsal faktör olarak belirttiği genleri de içeren bu materyalin keşfi, modern biyolojinin temelini oluşturmuş ve birçok yeni çalışmanın önünü açmıştır.
- Nükleik asitlerin kalıtsal materyal olduğunun tespitinde Frederick Griffith (Frederik Griffith)'in 1928 yılında yaptığı deney oldukça önemlidir. Griffith, deneyinde *Streptococcus pneumoniae* (Streptokokus pnömöni) bakterilerinin iki formunu kullanmıştır. Bunlar, *S. pneumoniae*'nin zatürreye yol açan (kapsüllü) ve zatürreye yol açmayan (kapsülsüz) formlarıdır. Griffith'in yapmış olduğu deneyi aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:
 - S. pneumoniae*'nin kapsülsüz canlı formu, farelere enjekte edilmiş ve fareler yaşamına devam etmiştir.
 - S. pneumoniae*'nin kapsüllü canlı formu, farelere enjekte edilmiş ve fareler ölmüştür.
 - S. pneumoniae*'nin ısıtılarak öldürülmüş kapsül yapısı bozulmuş formu, farelere enjekte edilmiş ve fareler yaşamına devam etmiştir.
 - S. pneumoniae*'nin ısıtılarak öldürülmüş kapsüllü formu ve *S. pneumoniae*'nin kapsülsüz canlı formu ile karıştırılmıştır. Bir süre beklendikten sonra farelere enjekte edilmiştir. Farelerin hastalanarak öldüğü gözlemlenmiştir.
- Ölen farenin kanında yapılan incelemede *S. pneumoniae*'nin kapsüllü formuna rastlanmıştır. Bu durum, kapsüllü formun sahip olduğu bir maddenin etkisiyle kapsülsüz formdaki bakterilerin kapsül üretme ve hastalık yapma yeteneği kazandığını göstermiştir. Canlı kapsülsüz *S. pneumoniae*, ölü kapsüllü *S. pneumoniae*'nin içerisindeki materyalleri kullanarak değişime uğramış ve hastalık yapıcı hâle gelmiştir.



Frederick Griffith'in yapmış olduğu deney

- F. Griffith, canlı bakterilerin sahip olmadığı özellikleri ölü bakterilerin materyallerinden alarak yeni özellikler kazandığını tespit etmiştir. Bu olaya **transformasyon** denilmiştir.
- Frederick Griffith yaptığı bu deneyle hücrelerde kalıtsal bilgiyi taşıyan bir molekülün bulunduğunu ortaya koymuş ancak bu molekül hakkında herhangi bir açıklama yapamamıştır. Griffith'in bu deneyi; Oswald Avery (Osvild Eviri), Colin Mac-Leod (Kolin Meklod) ve Maclyn McCarty (Maklin Mekarti) tarafından yapılan ve transformasyona neden olan maddenin teşhisine yönelik 14 yıl sürecek araştırmayı başlatmıştır.
- Oswald Avery ve arkadaşları yaptıkları deneyde ısıtılarak öldürülmüş kapsüllü bakterilerden elde edilen özütü, 5 farklı ortamda RNA'yı, proteini, DNA'yı, yağı ve karbonhidratları parçalayan enzimlerle bir arada tuttukten sonra her bir ortama canlı kapsülsüz bakteriler eklemiştir.



NOT

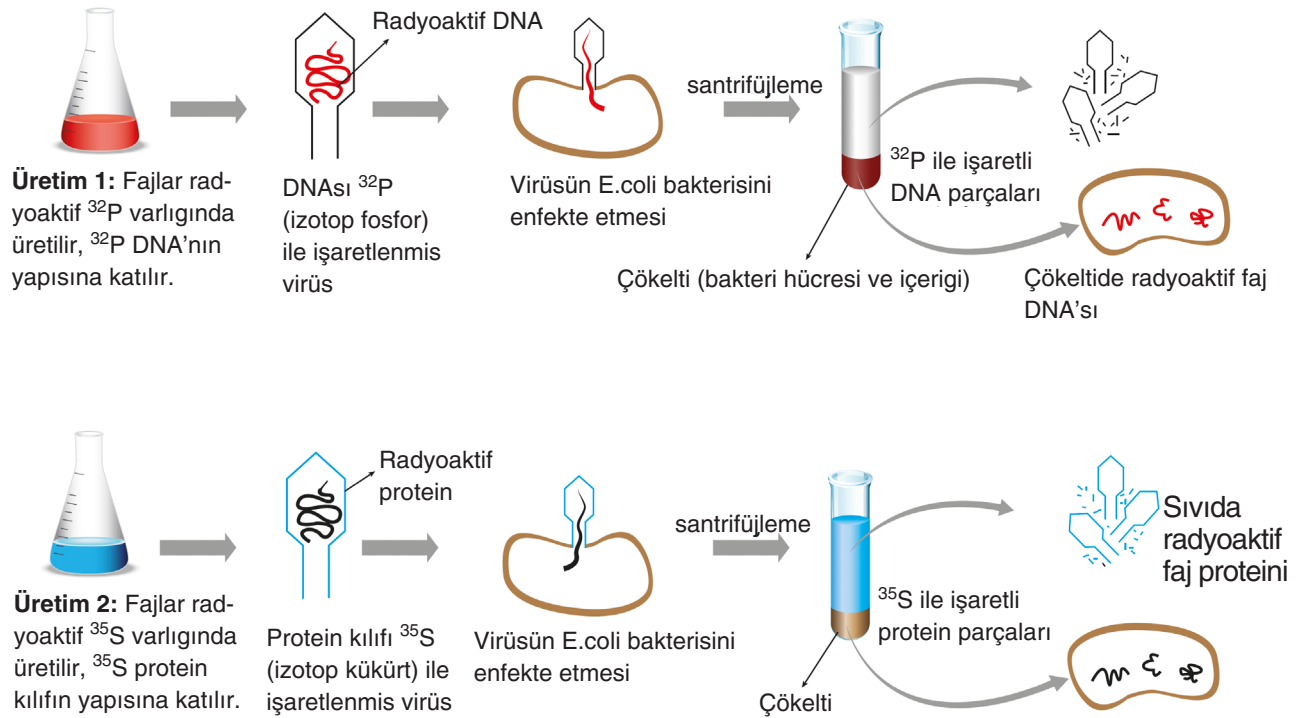
Bu bakterilerden sadece DNaz (Deoksiribonükleaz) enzimi ile müdahale edilen özütteki bakteriler, kapsül yapma yeteneği kazanamamıştır. Çünkü DNaz, kapsüllü bakterilere ait DNA moleküllerini parçalamış ve kapsülsüz bakterilerin kapsül yapabilmesine engel olmuştur. Bu deney, kapsüllü bakterilerden kapsülsüz bakteriye geçen ve kapsül oluşumu sağlayan molekülün DNA olduğunu göstermiştir.

- Avery ve arkadaşları, bu deney sonucunda transformasyona neden olan maddenin DNA olduğunu tespit etmişlerdir. Daha sonraki yıllarda bakteri virüsleri (bakteriyofaj) ile yapılan deneylerle hücredeki kalıtım bilgisini taşıyan molekülün protein değil DNA olduğu kesin olarak ortaya konmuştur.

- Martha Chase (Marta Çeys) ve Alfred Hershey (Alfrıd Hörsi) kalıtsal maddenin protein olduğunu savunuyorlardı. Bunu kanıtlayabilmek için yeni deneyler yapmaya karar verdiler. Deneylerinde *Escherichia coli* (Eşerişa koli) bakterisi ve bu bakterinin içinde çoğalan T2 virüsünü kullandılar. Bakteriyofajın protein kılıf ve DNA'dan oluştuğu bilgisine sahipti. Bakterinin içine virüs tarafından bir madde gönderildiğini bilmelerine rağmen bu maddenin DNA mı yoksa protein mi olduğunu bilmiyorlardı. Bunu aydınlatmak için bir seri deney yaptılar.

Hershey ve Chase yaptıkları deneyde

- Chase ve Hershey; deneylerinde DNA'nın fosfor içerip kükürt içermemesinin, proteinlerin ise kükürt içerip fosfor içermemesinin avantajını kullanmışlardır. Araştırmacılar deneyi iki faj grubu ile gerçekleştirmişlerdir. İlk gruptaki virüslerin DNA'sını işaretleyebilmek için fosforun radyoaktif izotopunu (^{32}P), ikinci gruptaki virüslerin protein kılıfını işaretleyebilmek için de kükürdün radyoaktif izotopunu (^{35}S) kullanmışlardır.
- İşaretlenmiş bakteriyofajları ayrı ayrı *E. coli* bakterileriyle aynı ortama koymuşlar ve bir süre bakteriyofajların bakteri içinde çoğalmasını beklemişlerdir.
- Son aşamada ise tüpleri santrifüjleyerek konsantre hücre içeren çökelti elde etmişler, tüplerin dibindeki çökeltinin ve üstte kalan sıvının radyoaktivitesini ölçmüşlerdir.
- Hershey ve Chase radyoaktif işaretli fajın protein kılıfının bakterinin dışında, radyoaktif olarak işaretlenmiş fajın DNA'sının ise bakterinin içinde olduğunu saptamışlardır. Faj DNA'sı bakteri hücrelerine girmiştir fakat faj proteinleri girmemiştir. Fajın kalıtsal maddesi olarak proteinin değil DNA'nın işlev gördüğü sonucuna varmışlardır.



Martha Chase ve Alfred Hershey'in yaptığı deney

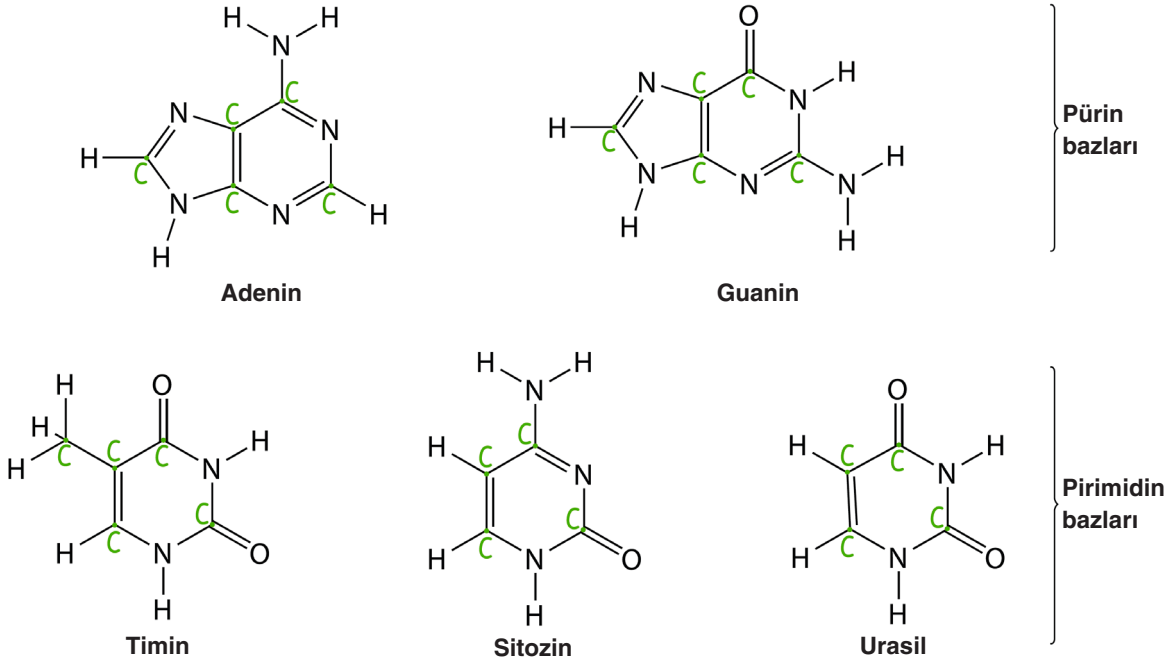
- DNA'nın kalıtım materyali oluşunun ispatı, yapısının da araştırılması ihtiyacını doğurmuştur. James Watson (Ceymis Vatsın), Maurice Wilkins'ı (Moris Vilkins'i) ziyaret etmiş ve Wilkins'in çalışma arkadaşı Rosalind Franklin'in (Rozalin Franklin) çekmiş olduğu DNA fotoğrafını görmüş, böylece DNA bilmesinin çözülmesine katkı sağlamıştır. DNA'ya ait X ışını kırınımını gösteren bu fotoğraf sayesinde Watson, Francis Crick (Fransis Kırık) ile yaptığı çalışmalarla DNA'nın yapısı hakkında günümüzde hâlâ geçerliliğini koruyan Watson-Crick modelini ortaya koymuştur.
- DNA'nın kalıtsal bilgiyi nasıl taşıdığı ve kendini nasıl eşlediği yine bu model ile açıklanabilmiştir. Watson ve Crick, çalışmalarının sonuçlarını 1953 yılında yayımladıkları bir makale ile bilim dünyasına açıklamışlardır. DNA'nın yapısı ile ilgili bu açıklama hâlâ geçerlidir. Bu çalışmalarından dolayı Watson ve Crick, Maurice Wilkins ile birlikte 1962 yılında Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülünü almışlardır.
- Erwin Chargaff (Ervin Çargaf), kalıtım materyalinin moleküler yapısını araştıran bilim insanlarından biridir. Chargaff, bir nükleik asit bazı olan sitozinin hücre içindeki miktarının başka bir nükleik asit bazı olan guaninin hücredeki miktarına eşit olduğunu kanıtlamıştır. Yine timin miktarının adenin miktarına eşit olduğunu da göstermiştir.

NÜKLEOTİTLERİN YAPISI

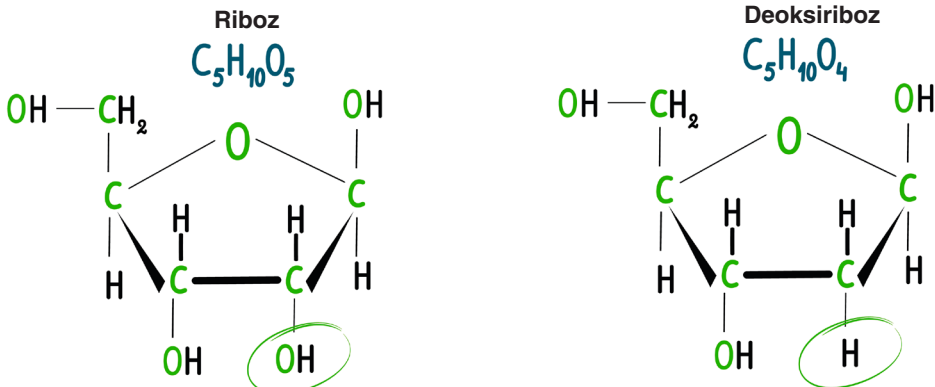
- **Nükleik asitler**, canlılarda metabolik faaliyetleri yöneten asit özelliğinde moleküllerdir. Kalıtsal bilginin depolanması ve transferinde, canlının neslinin devamında, ayrıca hücrelerdeki protein sentezini kontrol ederek hücrel büyümenin, gelişmenin, farklılaşmanın ve bölünmenin kontrolünde de görevlidir.
- Deoksiribonükleik asit (DNA) ve ribonükleik asit (RNA) olarak iki çeşidi vardır.
- **Nükleotit** adı verilen yapı taşlarından oluşan uzun zincirli polinükleotitlerdir.

Her nükleotit,

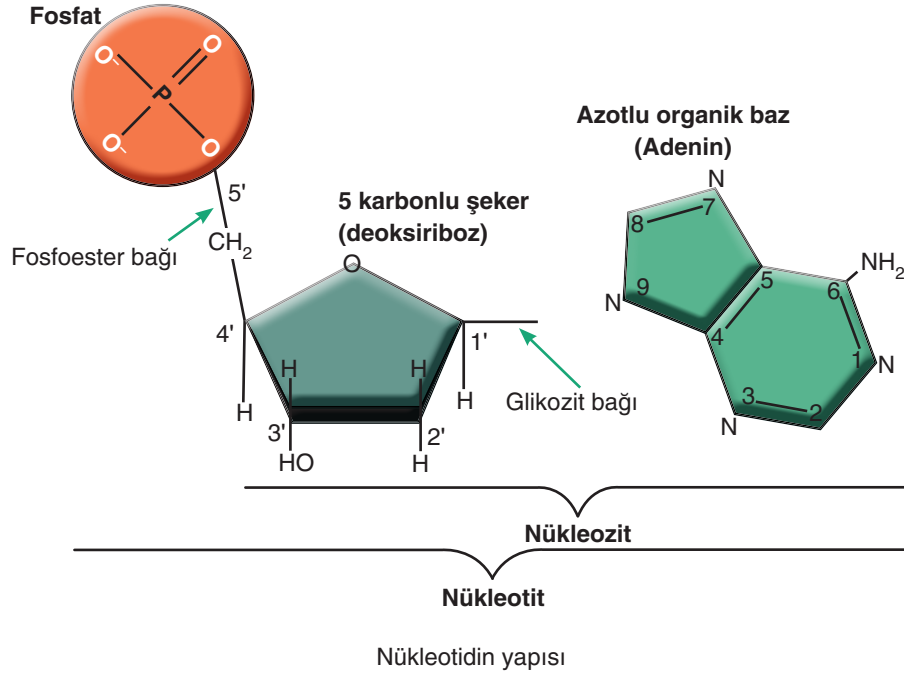
- bir pentoz (beş karbonlu şeker)
- azotlu organik bir baz
- fosfat grubundan oluşur.
- Her nükleik asit, beş bazdan dördünü içerir: **Adenin (A)**, **guanin (G)**, **timin (T)**, **sitozin (C)** ve **urasil (U)**.
- A ve G **pürin bazları** C, T ve U ise **pirimidin bazları** olarak adlandırılır. Pürinler çift, pirimidinler tek halkalı yapıya sahiptir. Tüm nükleik asitler A, C ve G bazlarını içerir. Ancak T, sadece DNA'da bulunurken U ise sadece RNA'da bulunur.



- Nükleik asitler taşıdıkları şekere göre adlandırılır. RNA'daki pentoz **riboz**, DNA'daki pentoz **deoksiriboz**dur. Şekerler arasındaki fark, ribozda deoksiriboza göre bir oksijen atomunun fazla olmasıdır.

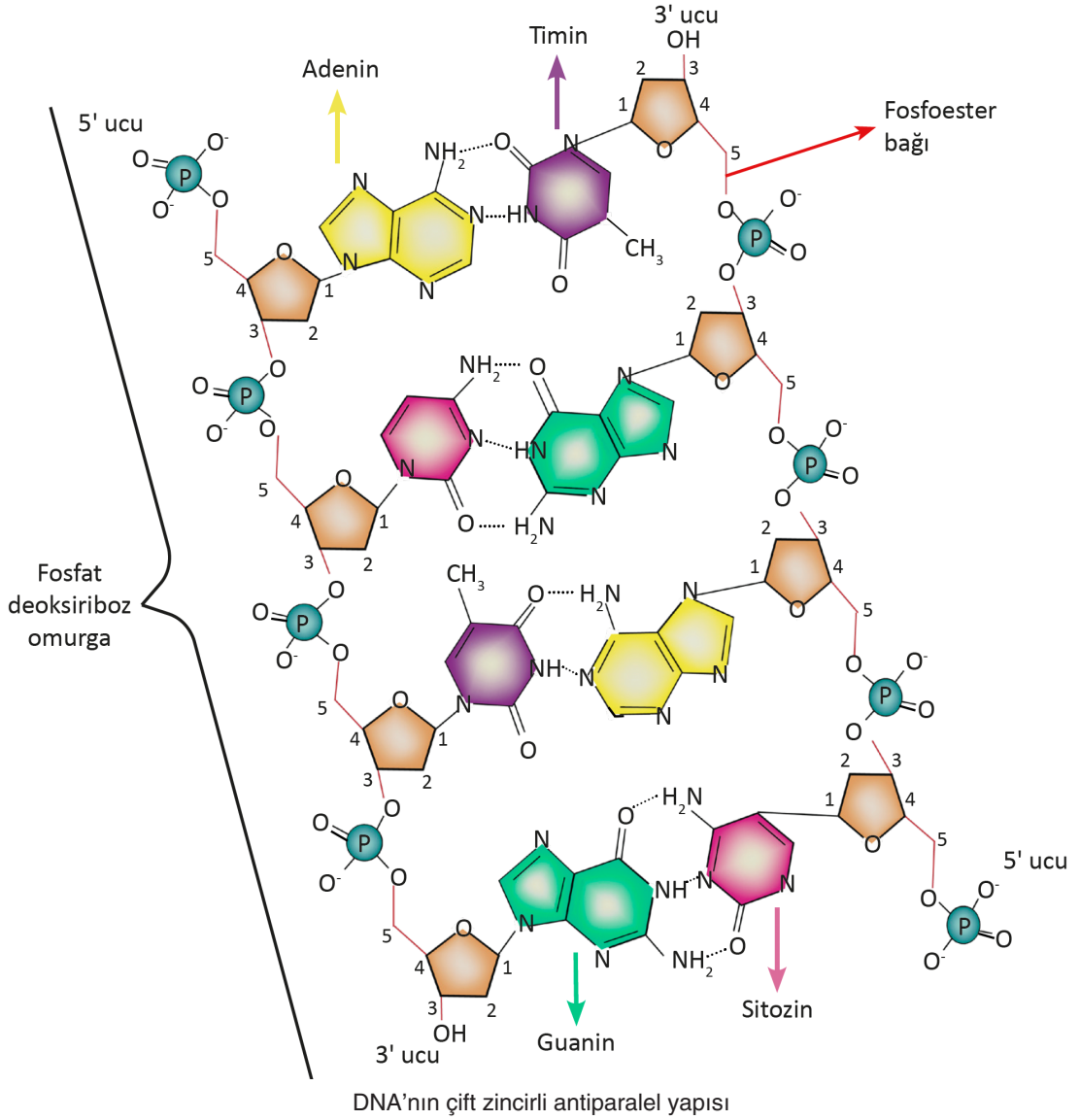


- Fosfat grubu tüm nükleotit çeşitlerinde aynı yapıda ve ortaktır. Fosfat grupları, DNA ve RNA moleküllerin asit özelliği kazanmasını sağlar.
- Azotlu organik baz ve beş karbonlu şekerin glikozit bağı ile birleşmesiyle oluşan yapıya **nükleozit** denir.
- Nükleozitlere fosfat grubunun fosfoester bağları ile bağlanmasıyla **nükleotitler** oluşur. Nükleotitler, taşıdıkları azotlu organik baz ve şekere göre adlandırılır. Dört çeşidi DNA'da, dört çeşidi de RNA'da olmak üzere sekiz çeşit nükleotit vardır.



DNA	RNA
Adenin deoksiribonükleotit	Adenin ribonükleotit
Guanin deoksiribonükleotit	Guanin ribonükleotit
Sitozin deoksiribonükleotit	Sitozin ribonükleotit
Timin deoksiribonükleotit	Urasil ribonükleotit

DNA ve RNA'yı oluşturan nükleotit çeşitleri



RNA

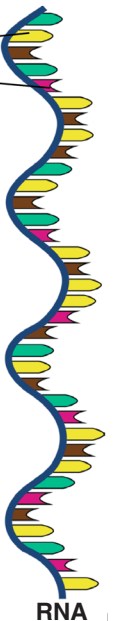
- Ribonükleik asit (RNA) nükleotitlerden oluşan polimer yapıya sahip tek zincirli bir nükleik asittir. Her nükleotitte adenin, guanin, sitozin ve urasil bazlarından biri ile fosfat ve riboz vardır. RNA oluşurken bu bazları içeren dört çeşit nükleotit, fosfodiester bağlarıyla birbirine bağlanır.
- RNA, DNA gibi kendini eşleyemez ve onarmaz. RNA'lar protein sentezinde görev alır.

Hücrede farklı görevler üstlenen 3 çeşit RNA:

- ribozomal RNA (rRNA)
- mesajcı RNA (mRNA)
- taşıyıcı RNA (tRNA)

Nükleotitler

	Adenin
	Timin
	Guanin
	Sitozin
	Urasil



RNA'nın zincir yapısı

a) Ribozomal RNA (rRNA)

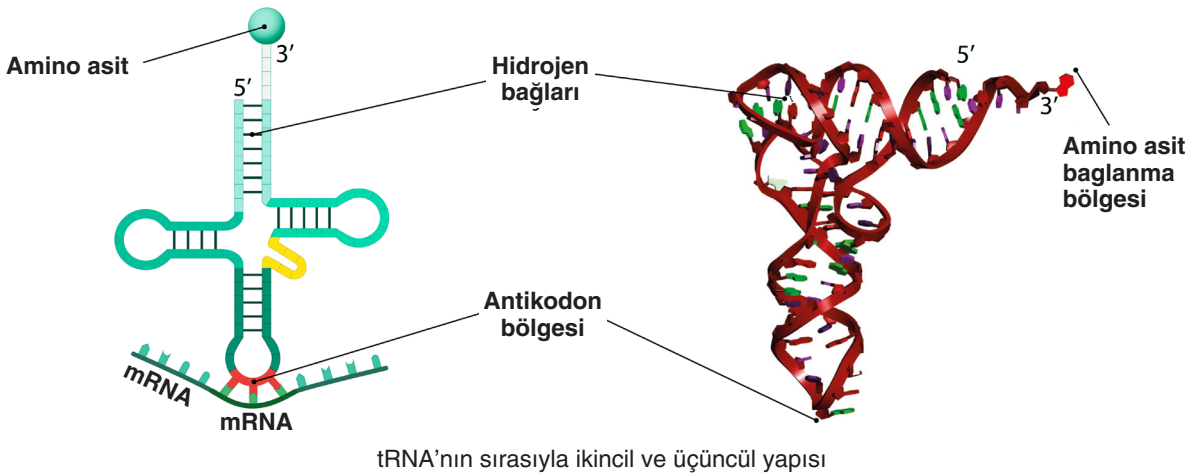
- Hücrede miktarı en fazla olan, protein sentezinden sorumlu RNA çeşidine **rRNA** denir. Ribozomun yapısında yer alır. Hücredeki toplam RNA'ların %80'ini oluşturur.
- Protein sentezi sırasında ribozomda tRNA ile etkileşerek uzayan polipeptit zincirine amino asit bağlar. Protein sentezinin fazla görüldüğü hücrelerde rRNA, ribozom ve çekirdekçik sayısı fazladır.
- Ökaryot hücre yapısına sahip canlılarda rRNA'lar çekirdekçikte DNA üzerinden sentezlenir. Sentezlenen rRNA'lar proteinlerle birleşerek ribozomun alt birimlerini oluşturur. Yapımı tamamlanan ribozom alt birimleri, çekirdek porlarından sitoplazmaya geçer. mRNA, alt birimlere bağlandığında işlevsel hâle gelir.
- rRNA enzim gibi davranarak amino asitler arasında peptit bağı kurulmasında görev alır ve polipeptit sentezinin gerçekleşmesini sağlar. Protein sentezinin fazla görüldüğü hücrelerde rRNA, ribozom ve çekirdekçik sayısı da fazladır.

b) Mesajcı RNA (mRNA)

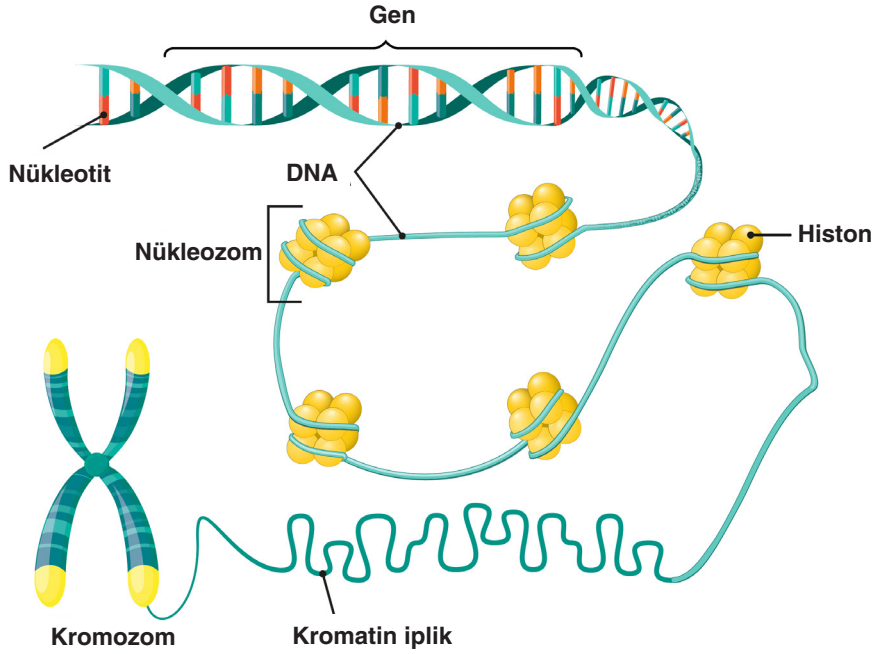
- Hücrede miktarı en az olan RNA çeşididir. Hücredeki toplam RNA'ların sadece %5'ini oluşturur.
- Ökaryot hücrelerde DNA, hücre çekirdeğinde bulunur. Ancak DNA'da bulunan bilgiye göre protein sentezlenebilmesi için bu bilginin çekirdekten dışarı çıkması gerekir. mRNA, DNA'dan aldığı bilgiyi sitoplazmaya taşıyarak ribozoma bağlanır. Polipeptit sentezi için kalıp görevi görür. DNA'daki genetik bilginin proteine çevrilmesine aracılık eden bu RNA'ya **mesajcı RNA** adı verilmiştir.
- mRNA sentezi sırasında DNA'nın iki zincirinden sadece biri kalıp olarak kullanılır. DNA'nın şifre veren zincirindeki genetik şifreye göre mRNA, bu zincirin karşısı olarak sentezlenir. Sentez sırasında DNA'daki adeninin karşısına mRNA'da urasil gelir. Böylece mRNA, DNA'dan genetik bilgiyi almış olur.
- Hücrede mRNA çeşidi sayısı, sentezlenen protein çeşidi sayısı kadardır.
- İhtiyaç duyulan protein sentezlendikten sonra mRNA yıkılır. İhtiyaç hâlinde DNA'dan ilgili mRNA sentezlenir.
- Bir proteine çok ihtiyaç varsa mRNA birkaç kez kullanılabilir. Bir hücrede aynı tip mRNA'dan çok fazla sayıda üretilebilir.
- mRNA'da 3'lü baz dizilimlerinden oluşan **kodonlar** vardır. Her amino asit, mRNA'da bir kodona karşılık gelir.
- mRNA'daki nükleotit dizilimi; sentezlenecek olan proteinin amino asitlerinin çeşidini, sırasını ve sayısını belirler.

c) Taşıyıcı RNA (tRNA)

- Protein sentezinde kullanılacak olan uygun amino asitleri sitoplazmadan ribozoma taşıyan RNA'ya **tRNA** denir. tRNA'lar hücredeki toplam RNA'nın %15'ini oluşturur.
- Yaklaşık 80 nükleotitten oluşur ve DNA üzerinden sentezlenir. Protein sentezi sırasında tRNA, belirli bölgelerindeki bazların hidrojen bağlarıyla birleşmesi sonucu üç boyutlu bir yapı kazanır.
- tRNA'da, mRNA'daki kodonlara karşılık gelen üçlü baz dizilerine **antikodon** denir. Antikodon ipliğinin uygun olan uç kısmında amino asidi tanıyan ve taşıyan kısım vardır.
- tRNA'lar protein sentezi sırasında tekrar tekrar kullanılabilir. Canlı yapısında bulunan 20 çeşit amino asidin her birine özgü en az bir tRNA bulunur. Bu nedenle protein sentezinde 20 çeşit amino asidi ribozomlara taşıyan en az 20 çeşit tRNA vardır.
- Aynı amino asidin taşınmasında birden fazla çeşit tRNA molekülü görev yapar. tRNA'lar protein sentezi sırasında tekrar tekrar kullanılabilir. Yapısı bozulan tRNA'lar parçalanır ve yeniden oluşur.



GENETİK MATERYALİN ORGANİZASYONU



Hücredeki genetik materyalin organizasyonu

- **Gen** bir polipeptidi ya da bir RNA molekülünü üretmek üzere ifade edilebilen DNA bölgesidir. Genler, birkaç bin nükleotitten oluşabildiği gibi milyonlarca nükleotitten de oluşabilir. Genler bilgi depolayabilir, DNA replikasyonu ile kopyalanabilir ve bu kopyalama sayesinde de yeni hücrelere aktarılabilir.
- Genler değişikliğe uğrayabilir. Değişikliğe uğramasına **gen mutasyonu** denir. Bir gendeki mutasyon; replikasyon sırasında yanlış baz eşleşmesi, karşılıklı nükleotit çiftinin yer değiştirmesi, yeni bir nükleotit çiftinin eklenmesi ya da eklenmesi şeklinde gerçekleşebilir.
- DNA, interfaz safhasında kromatin şeklinde bulunur. Kromatin, ökaryotlarda DNA'dan ve histon proteinlerden meydana gelmiş yapıdır. Bazı arkeler hariç prokaryotlar, histonlarla veya histon benzeri proteinlerle ilişkili olmayan DNA'ya sahiptir. Ökaryotlarda bir DNA ipliği, sekiz histondan oluşan bir kümenin etrafında iki kez dolanarak bir **nükleozom** oluşturur. Bu nükleozomlar, bir zincire dizilen boncuklar gibi birbirine bağlanır. **Kromozom**, hücre döngüsü sürecinde kromatinin yoğun bir şekilde paketlenmesiyle oluşan yapıdır. Metafaz safhası, kromozomların en belirgin görüldüğü safhadır.
- Ökaryotlarda kromozomlar hem doğrusal hem de farklı uzunluk ve biçimde, prokaryotlarda ise halkasaldır. Kromozom sayısı türe özgüdür. Ancak farklı türdeki canlıların kromozom sayısı aynı olabilir. Örneğin; insanın kromozom sayısı ile moli balığı, kurtbağrı bitkisi ve samur antilobunun kromozom sayıları aynıdır.

DNA'NIN KENDİNİ EŞLEMESİ

Replikasyonun Tanımı ve Özellikleri

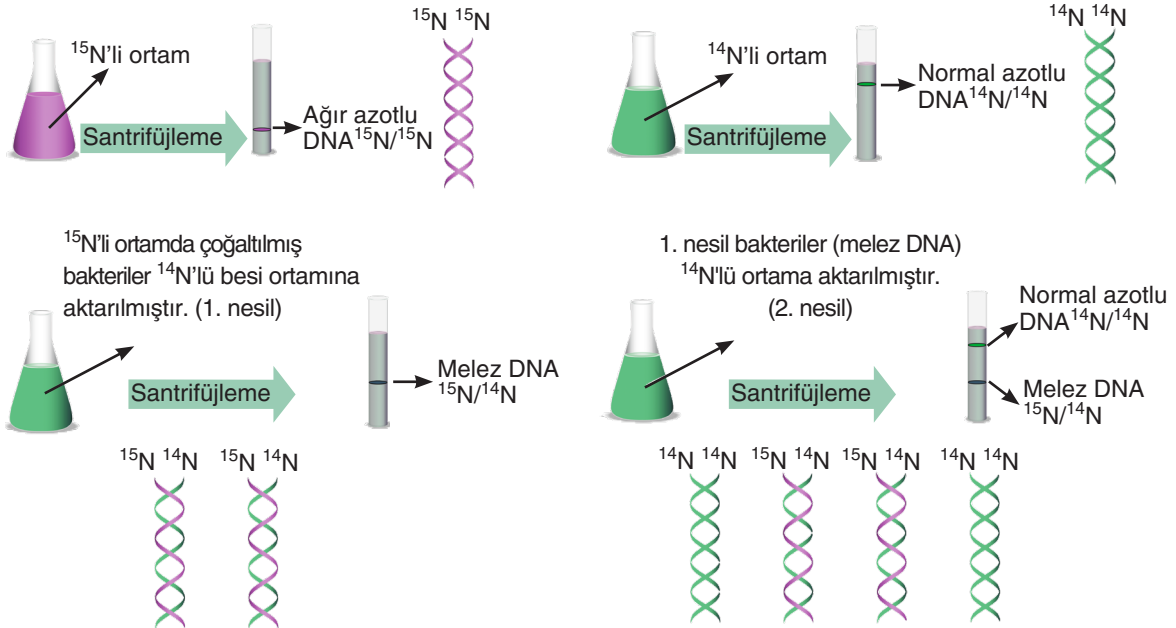
- DNA, kalıtsal özelliklerin aktarılmasından sorumlu moleküldür. Sağlıklı hücrelerde DNA'nın hücre bölünmesiyle değişikliğe uğramadan yavru hücrelere eşit olarak aktarılması için hücre bölünmesinden önce miktarı iki katına çıkar. DNA'nın eşlenerek bir kopyasının oluşturulmasına **replikasyon** denir. Replikasyon, interfaz safhasında gerçekleşir.

Yarı Korunumlu (Semikonservatif) Eşleme

DNA, kendisini yarı korunumlu olarak eşler. İki zincirli sarmal DNA'nın her bir ipliğinin kalıp görevi yaparak kendine eş yeni bir DNA ipliği oluşturmaya yarı korunumlu eşlenme denir. Matthew Melsin (Methiv Melsin) ve Franklin Stahl'ın (Frenklin Sital) DNA'nın kendini yarı korunumlu eşlemesi ile ilgili hipotezi test etmek amacıyla yaptıkları deneyin aşamaları:

- E.coli bakterilerinin azotun ağır izotopu olan ^{15}N içeren kültür ortamında birçok nesil boyunca çoğalmaları sağlanmıştır. Kültürdeki bakterilerin DNA'ları ayrıştırılıp santrifüj edildiğinde DNA'ların tüpün dip kısmında bir bant oluşturacak şekilde toplandığı görülmüştür.
- DNA'larında ^{15}N bulunan bakteriler, ^{14}N içeren kültür ortamına bırakılmıştır. Birinci çoğalma sonucunda bakteri DNA'ları ayrıştırılıp santrifüj edildiğinde deney tüpünün orta kısmında bir bantlaşma olduğu gözlemlenmiştir. Orta kısımda bantlaşmanın nedeni, birinci bölünme sonucu meydana gelen bakteri DNA'larının %100 $^{15}\text{N}^{14}\text{N}$ (melez DNA) taşımasıdır.
- Melez DNA'lı bakteriler, bir kez daha ^{14}N içeren ortama bırakılmıştır. İkinci çoğalma sonucunda bakteri DNA'ları ayrıştırılıp santrifüj edildiğinde deney tüpünün hem orta hem de üst kısmında bantlaşma olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, ikinci çoğalma sonucu meydana gelen bakteri DNA'larının %50 $^{14}\text{N}^{14}\text{N}$ (normal azotlu DNA) ve %50 $^{15}\text{N}^{14}\text{N}$ (melez DNA) taşımasıdır.

Bu deneyle **semi konservatif (yarı korunumlu) model** desteklenmiştir.



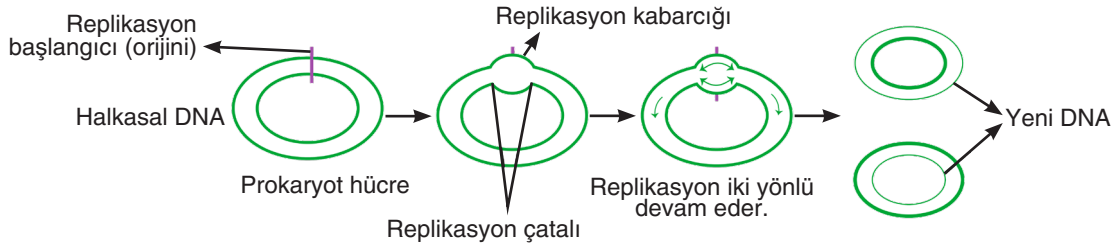
Melson ve Stahl'ın DNA'nın yarı korunumlu olarak eşlendiğini kanıtlayan deneyi

DNA'nın kendini eşleyebilmesi için dört çeşit deoksiribonükleotit, DNA polimeraz, DNA ligaz, helikaz enzimleri, kalıp görevi görecek DNA, DNA polimeraz aktivitesi için de Mg iyonları gereklidir.

- **Replikasyon orijini** DNA'nın özel nükleotit dizilimine sahip bölgeleridir ve bir DNA molekülünün replikasyonu, replikasyon orijinleri denen özel bölgelerde başlar. Replikasyonu başlatan enzimler bu bölgeleri tanır.

Prokaryot Hücrelerde Replikasyon

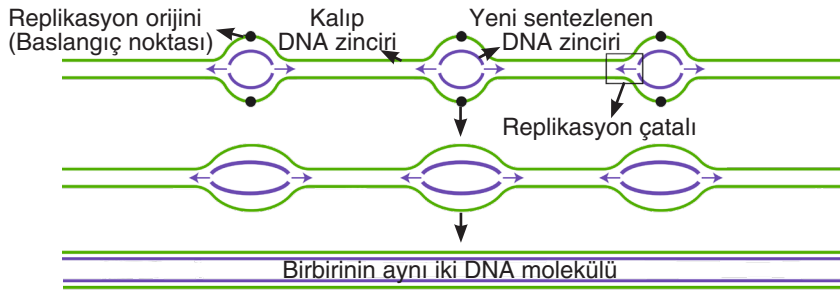
Prokaryot hücrelerde bulunan halkasal DNA'da bir replikasyon orijini vardır. Bu bölgeyi tanıyan enzimler iki zinciri birbirinden ayırır. Bu bölgede oluşan kabarcığın iki yanında **replikasyon çatalı** oluşur. Bu noktalardan her iki yöne doğru tüm DNA kopyalanıncaya kadar replikasyon devam eder.



Prokaryot hücrelerde replikasyon orijini ve replikasyon çatalı

Ökaryot Hücrelerde Replikasyon

- Ökaryot hücrelerde DNA, yüzlerce hatta binlerce replikasyon orijini içerebilir. Bakterilerde olduğu gibi ökaryotlardaki DNA replikasyonu, her replikasyon orijininden her iki yöne doğru ilerler. Her bir replikasyon kabarcığının iki ucunda replikasyon çatalı vardır. Dolayısıyla çok sayıda replikasyon kabarcığı oluşur. Her kabarcık içinde DNA zincirleri yarı korunumlu olarak sentezlenir.



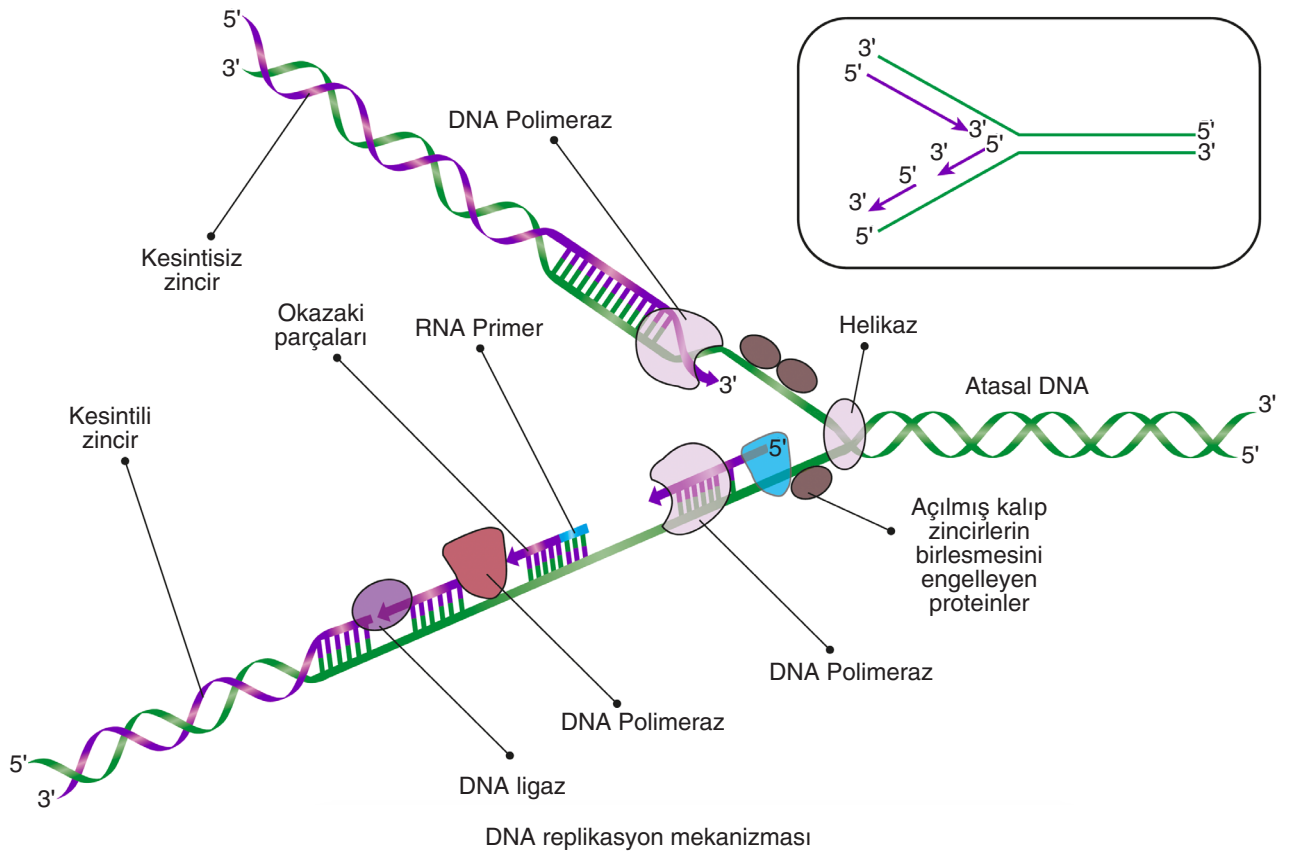
Ökaryot hücrelerde replikasyon orijini ve replikasyon çatalı

DNA Replikasyonunda Görev Yapan Enzimler

- DNA replikasyonu enzimlerin etkinliği ile gerçekleşen bir olaydır.
- **Helikaz**, replikasyon çatalında atasal zincirleri birbirinden ayırır. Helikaz, azotlu bazlar arasındaki hidrojen bağlarını kopararak açılmayı sağlar. DNA'nın her zinciri, yeni oluşturulacak DNA zincirleri için kalıp görevi yapar.
- **DNA polimeraz**, DNA sentezi sırasında yeni sentezlenecek zincirin ucuna nükleotit eklemesi yapar. Ancak polinükleotidin sentezini başlatamaz. Sentezi başlatan kısa bir RNA primeridir. DNA polimeraz açıkta kalan baz uçlarına ortamda bulunan ve daha önce sentezlenmiş olan serbest nükleotitlerden uygun olanları eşleştirir, iki tane çift zincirli DNA sentezlenmiş olur. DNA ipliğinde meydana gelen hataların onarılmasında da rol oynar. DNA polimerazın varlığı, DNA ipliklerinde meydana gelen hataların yavru hücrelere aktarılma ihtimalini de azaltır.
- **DNA ligaz**, DNA replikasyonu sırasında oluşturulan yeni polinükleotit parçacıkları arasındaki boşlukları kapatır. Bu DNA parçacıkları fosfodiester bağıyla birleşir. Böylece bir tam zincir oluşur.

Enzim	Görevi
Helikaz	Atasal DNA zincirlerini açar.
DNA Polimeraz	Polinükleotide yeni nükleotitler ekleyerek sentezi devam ettirir.
DNA Ligaz	DNA replikasyonu sırasında oluşturulan yeni polinükleotit parçacıkları arasındaki boşlukları kapatır.

DNA Replikasyonunda Görev Yapan Enzimler



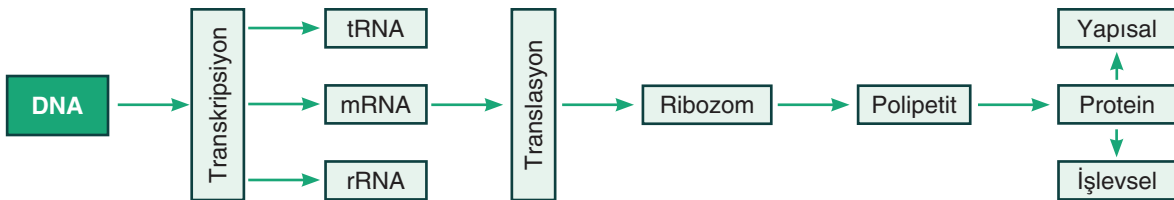


GENETİK ŞİFRE

- DNA molekülünde genetik bilgi bulunur. Genetik bilgi, özel genetik şifrelerden meydana gelir. Genetik şifrede bilgilerin yazılımında; A, G, C ve T olmak üzere 4 harfli bir alfabe kullanılır. Her bir harf bir nükleotit çeşidini ifade eder. Dört çeşit nükleotidin farklı kombinasyonlarla üçerli gruplar hâlinde dizilmesi ile oluşan şifreye **genetik şifre** denir. Adenin, timin, guanin ve sitozin deoksiribonükleotitlerinin DNA üzerindeki sayıları ve dizilişleri, canlılar arasında farklılıklara neden olur. Bir gendeki nükleotitlerden oluşan şifreler amino asitleri, amino asitlerden oluşan proteinler de canlıların özelliklerini belirler.
- Bir nükleotit, bir amino asidi şifreleseydi en fazla 4 (4^1) farklı şifre oluşurdu. Bu durum, protein sentezi için gerekli olan 20 çeşit amino asidi şifrelemeye yetmezdi. Bir amino asidin şifresi, iki nükleotitten oluşsaydı en fazla 16 (4^2) çeşit amino asit için şifre üretilebilirdi. 20 çeşit amino asidin tamamı şifrelenemezdi. Bu nedenle bir genetik şifre, 3 nükleotitten oluşmak zorundadır. Bu durum, toplamda 64 (4^3) çeşit şifrenin ortaya çıkması demektir. Bu sistem, 20 farklı amino asidin rahatlıkla şifrelenebilmesini sağlar.
- DNA ve DNA'dan sentezlenen mRNA üzerindeki üçlü nükleotit dizisine **kodon** denir. tRNA'da mRNA'daki kodonlara karşılık gelen üçlü baz dizilerine **antikodon** denir. DNA'dan sentezlenen mRNA, genetik şifrenin kopyasını ribozoma götürerek protein sentezine kalıplık eder. Yapılan araştırmalar, 64 çeşit kodon olduğunu ortaya koymuştur. Bu kodonlardan 61 tanesinin 20 çeşit amino asidi ifade ettiği bulunmuştur.
- Her polipeptit sentezi aynı kodonla (AUG) başlar. **Başlatıcı kodon** da denilen bu kodon metiyonin amino asidini şifreler. Bütün canlılarda protein sentezi metiyonin amino asidi ile başlar.
- 64 çeşit kodondan 3 tanesi (UAA, UGA, UAG) **durdurucu (stop) kodonlardır**. Çoğu canlıda stop kodonların amino asit olarak karşılığı yoktur. Her kodon bir amino asidi şifreler fakat bir amino asit, bir veya birden fazla kodon tarafından şifrelenebilir. Örneğin AUG, metiyonin amino asidinin kodonudur ve metiyonin amino asidinin başka şifresi yoktur. Prolin amino asidi ise CCU, CCC, CCA, CCG olmak üzere dört farklı kodon ile şifrelenir. Bu durum, canlının bazı mutasyonlardan korunmasını da sağlar.

PROTEİN SENTEZİNDE GENETİK BİLGİ AKIŞI

- Her canlı DNA'larına göre kendilerine özgü proteinleri sentezler. DNA'daki bilginin kullanılarak ribozomlarda polipeptit üretilmesine **protein sentezi** denir. Protein sentezi, tüm canlılarda gerçekleşen ortak bir olaydır. Protein sentezinde görev alan başlıca yapılar; DNA, RNA çeşitleri; (mRNA, tRNA ve rRNA), ATP, enzimler, amino asitler ve ribozomdur.
- Protein sentezinde genetik bilgi akışı DNA'dan RNA'ya ve oradan da proteine doğrudur.



Protein sentezinde genetik bilgi akışı

PROTEİN SENTEZİNİN MEKANİZMASI

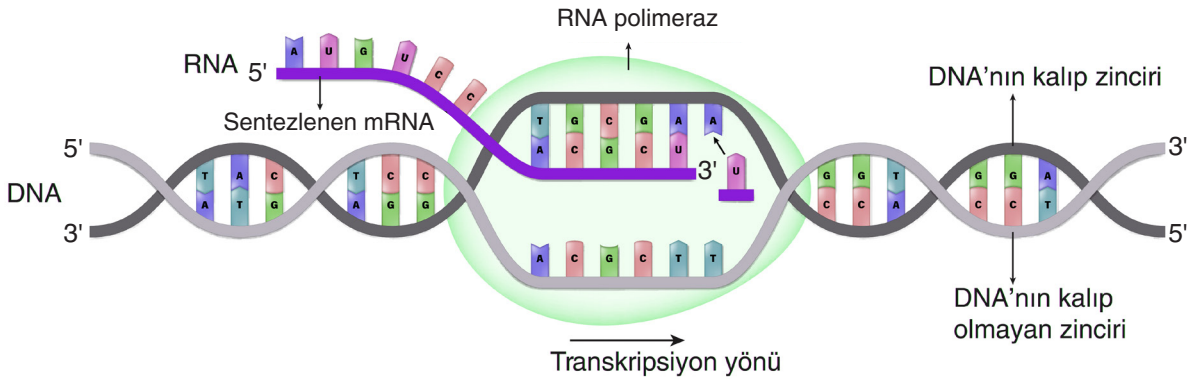
- Bir genin baz dizisine göre spesifik bir polipeptit üretilmesi iki ana basamakta gerçekleşir. Bunlar, **transkripsiyon** (yazılma) ve **translasyon** (okuma) olaylarıdır.

Protein Sentezinin Genel Özellikleri

- Genetik bilginin polipeptide dönüştürülmesi prokaryot ve ökaryot hücrelerde aynıdır ancak hücrelerde gerçekleştiği yerler farklıdır. Prokaryot hücrelerde transkripsiyon ve translasyon olayları sitoplazmada gerçekleşir. Ökaryot hücrelerde ise transkripsiyon işlemi çekirdeğin içinde, mitokondrinin matriksinde ve kloroplastın stromasında gerçekleşir. Çekirdeğin içinde üretilen mRNA, translasyon olayını gerçekleştirmek için sitoplazmaya geçer. Translasyon olayı mitokondrinin ve kloroplastların kendi ribozomlarında gerçekleşir.

Transkripsiyon

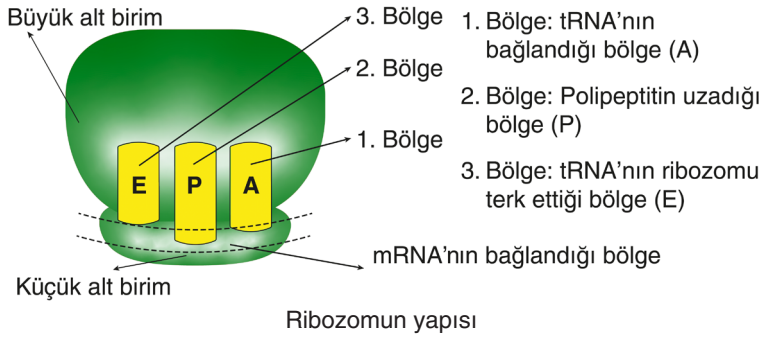
- DNA'dan RNA polimeraz ile mRNA sentezine **transkripsiyon (yazılma)** denir.
- Transkripsiyon sırasında ilgili genin protein sentezi için gerekli şifreyi taşıyan kısmının ikili sarmal yapısı, RNA polimeraz tarafından kısmi olarak çözülür.
- DNA'nın iki ipliğinden RNA sentezi için şifre veren ipliğe **kalıp iplik**, karşısındaki şifre vermeyen ipliğe de **kalıp olmayan iplik** denir. Kalıp iplikteki nükleotitlerin her birinin karşısına mRNA sentezi için uygun nükleotit gelir. DNA'dan mRNA üretilirken replikasyondaki nükleotit eşleşmelerinden farklı olarak mRNA'da **timin** nükleotidi yerine **urasil** nükleotidi gelir.
- mRNA sentezlendikten sonra çekirdek zarındaki porlardan sitoplazmaya geçerek ribozomun küçük alt birimine bağlanır.



mRNA'nın DNA'daki kalıp ipliğe göre sentezlenmesi (Transkripsiyon)

Translasyon

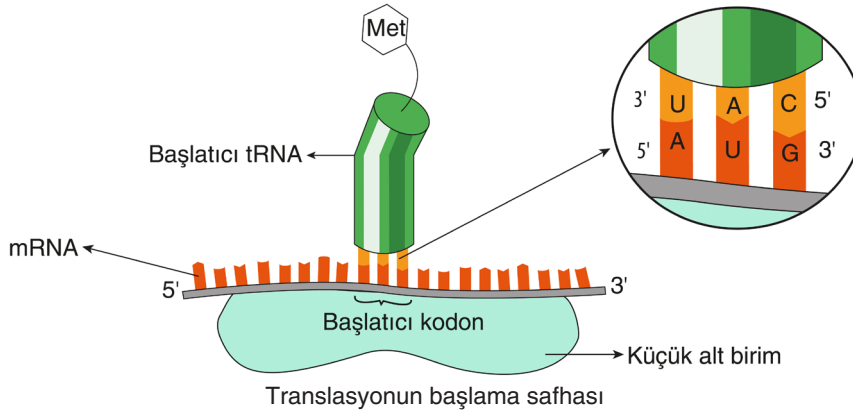
- mRNA'nın çekirdekten sitoplazmaya geçerek ribozomun küçük alt birimine bağlanmasıyla **translasyon** başlar. mRNA'daki kodonlar üzerinden meydana gelen polipeptit sentezidir.
- mRNA'daki AUG'ye (başlatma kodonu) karşılık gelen UAC antikodonuna sahip tRNA, ATP ve enzimlerle aktifleşip metiyonin amino asidini kendine bağlayarak ribozoma getirir. Metiyonin ribozoma getirildikten sonra ribozomun küçük alt birimi ribozomun büyük alt birimine bağlanır ve protein sentezi başlar.
- Translasyonda mRNA, ribozom, tRNA ve aminoasitleri tRNA'ya bağlanmak için aktifleştirici enzimler görev alır.



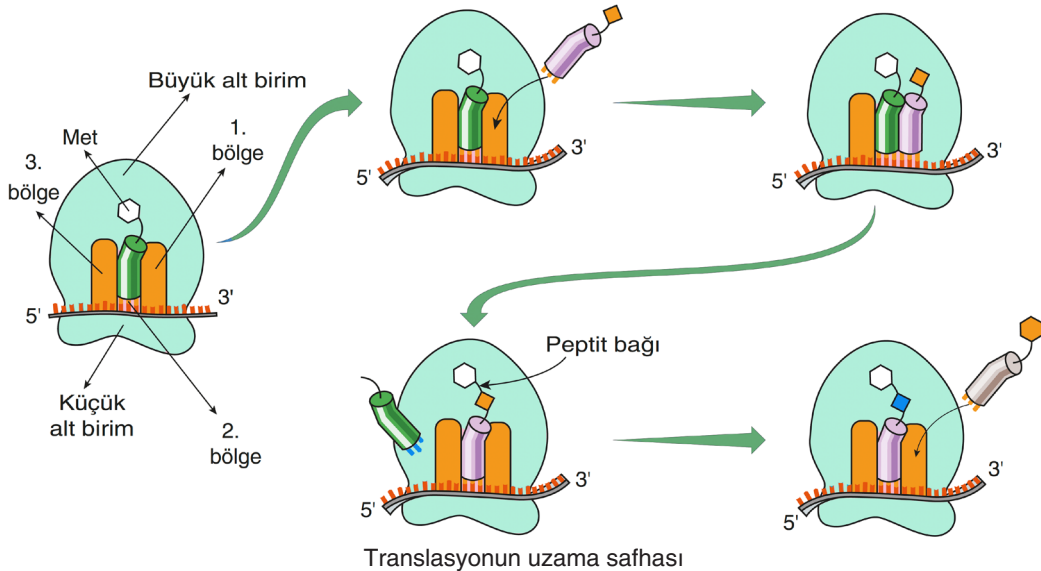
Ribozom, polipeptit sentezinin gerçekleştiği yapıdır. Ribozom, büyük ve küçük olmak üzere iki alt birimden oluşur. Bu birimler protein sentezinde bir araya gelir. Ribozomun büyük alt biriminde üç bölge vardır. Birinci bölge (A), tRNA'nın bağlandığı ve kodon ile antikodon eşleşmesiyle okuma olayının gerçekleştiği yerdir. Bölge (P) polipeptidin uzadığı yer, üçüncü bölge (E) ise tRNA'nın ribozomu terk ettiği yerdir.

- Translasyon; başlama, uzama ve sonlanma olarak üç ana basamakta gerçekleşir.

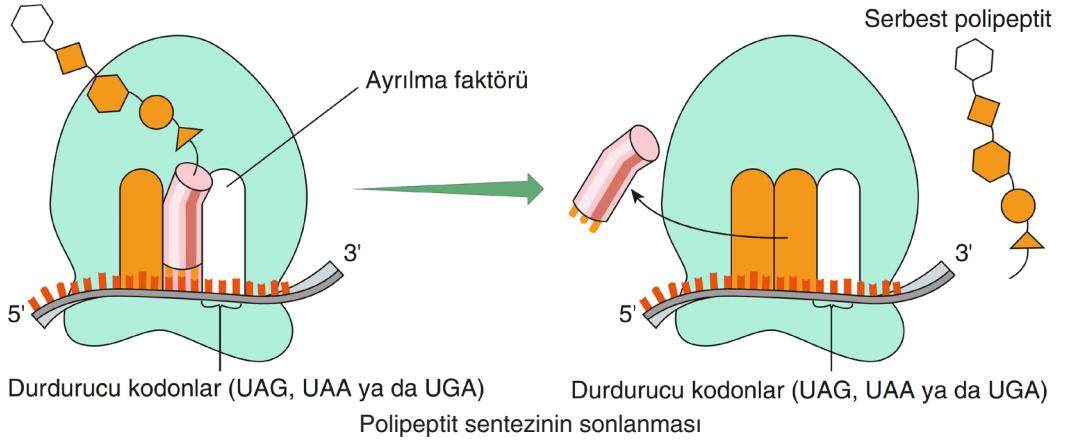
Başlama: mRNA, ribozomun küçük alt birimine bağlanır. mRNA'daki AUG başlatma kodonuna karşılık gelen UAC antikodonuna sahip tRNA, metiyonin amino asidini ribozoma getirir. Geçici hidrojen bağları kurularak kodon antikodon eşleşmesi gerçekleşince ribozomun küçük alt birimi büyük alt birimine bağlanır ve polipeptit sentezi başlar.



Uzama: mRNA'nın ribozom alt birimleri arasında kaymasıyla tRNA, taşıdığı amino asitle 2. bölgeye gelir. Boşta kalan 1. bölgeye yeni tRNA gelir. Yine antikodon kodon eşleşmesi ve okuma gerçekleşir. 2. bölgede bulunan tRNA, taşıdığı amino asidi 1. bölgedeki tRNA'nın taşıdığı amino asit üzerine ekler. Bu sırada amino asitler arasında peptit bağı oluşur. Peptit bağı oluşumunda büyük alt birimde bulunan rRNA enzim olarak görev alır. Amino asidini bırakan tRNA 3. bölgeye geçer ve ribozomu terk eder. Bu olaylar, mRNA'daki şifrelerin tümü okununcaya kadar tekrarlanır. Böylece amino asitler polipeptite mRNA'daki kodon sırasına göre eklenir.

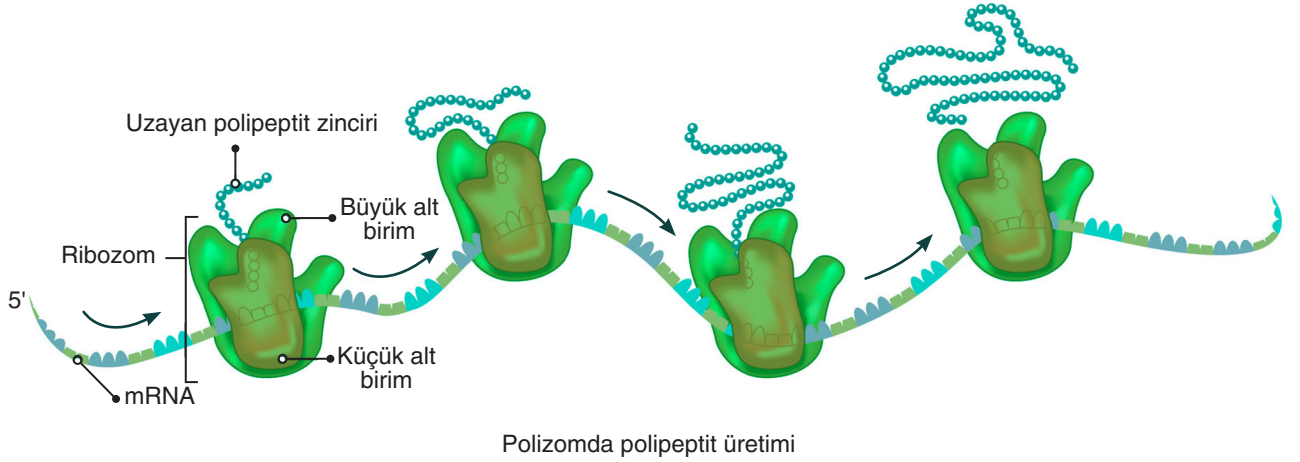


Sonlanma: Uzama safhası mRNA üzerindeki durdurucu (UGA, UAG, UAA) kodonlardan birine ulaşılan kadar devam eder. Durdurucu kodonlara sonlandırıcı protein (ayırılma faktörü) bağlanır. Bu protein, polipeptit zinciri ile tRNA arasındaki bağı kopararak polipeptit zincirinin ribozomdan ayrılmasını sağlar. Yeni sentezlenmiş polipeptit zinciri ribozomu terk ettikten sonra ribozom alt birimleri birbirinden ayrılır.



Poliribozom (Polizom)

- Bir protein çeşidinden çok sayıda üretilmesi gerektiğinde aynı mRNA üzerine çok sayıda ribozomun tutunması ile oluşan yapıya **poliribozom** ya da **polizom** denir. Poliribozom, bir protein çeşidinden kısa sürede çok sayıda üretilmesini sağlar.





GENETİK MÜHENDİSLİĞİ-BİYOTEKNOLOJİ KAVRAMLARI VE UYGULAMALARI

Genetik Mühendisliği

- Genetik mühendisliği, canlıların kalıtsal özelliklerinin değiştirilerek onlara yeni işlevler kazandırılmasına veya istenmeyen özelliklerin ortadan kaldırılmasına yönelik araştırmalar yapan bilim dalıdır.
- Genetik mühendisliği genlerin izolasyonu, çoğaltılması, nükleotit dizilişlerinin belirlenmesi, farklı canlıların genlerinin birleştirilmesi ya da bir canlıdan başka bir canlıya gen aktarılması gibi çalışmalarla uğraşır. Bu çalışmalarla canlıların genetik yapısını değiştirerek onlara farklı özellikler kazandırır.

Biyoteknoloji

- Canlı organizmaları ve bileşenlerini kullanarak doğal yollarla elde edilemeyen ya da yeteri kadar üretilmeyen maddeleri elde etmek için kullanılan teknolojilerin tümüdür.
- Biyoteknolojik çalışmalarda temel bilimler ve mühendislik ilkeleri, canlı sistemlere uygulanarak en kısa sürede istenilen ürünlerin elde edilmesi amaçlanır. Protein, antibiyotik, hormon, antikor vb. maddelerin üretimi, yeni özelliklere sahip sebze ve meyvelerin üretimi, tıbbi bitki ve çiftlik hayvanı üretimi, yapay organ ve doku üretimi, atıkların yeniden kullanılabilir hâle getirilmesi bu çalışmalara örnek olarak verilebilir.

Klasik Biyoteknoloji

- Biyolojik sistemler yardımıyla ham maddelerin yeni ürünlere dönüştürüldüğü işlemlere **klasik biyoteknoloji** denir. Sütten yoğurt, peynir ve kefir yapımı, sirke üretimi, hamurun mayalanması gibi olaylar klasik biyoteknolojinin çalışma alanlarını oluşturur.
- Bakteri, maya, mantar gibi organizmaların genomlarında köklü değişiklikler yapılarak bu organizmaların endüstride kullanım alanları genişletilmiştir. Antibiyotikler, deterjanlar, çeşitli enzimler, tek hücre proteinleri, karbonhidratlar, organik asitler, alkol gibi maddelerin üretimi gerçekleştirilmiştir.

Tür içi ve türler arası melezleme, yapay dölleme, poliploidi gibi modern biyoteknolojik çalışma olarak kabul edilmeyen yöntemlere aşağıda kısaca yer verilmiştir.

Melezleme

Genetikleri birbirinden farklı, aynı ya da farklı tür iki canlı çaprazlanması ile istenen özellikte yavru canlı elde etme yöntemidir. Melez, hibrit ya da karışık anlamına gelir. Tritikale bitkisi türler arası melezlemeye örnek olarak verilebilir. Bu bitki, buğday ve çavdarın çaprazlanması sonucu elde edilmiştir. Biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı ve daha verimlidir. Tür içi melezlemeye kısa boylu ve verimsiz buğdayla uzun boylu verimli buğdayın çaprazlanması örnek olarak verilebilir. Bu çaprazlama sonucunda kısa boylu ve verimli melez buğdaylar elde edilir.

Yapay Dölleme

Verimli erkek bireylerden alınan kaliteli sperm ve istenen özelliklere sahip yumurtanın dölleme sağlanır. Genellikle hayvan ıslahında kullanılır. İnek, koyun, keçi gibi memeli hayvanlarda tercih edilen bu yöntem ile et ve süt veriminin artırılması hedeflenmektedir.

Poliploidi

Canlıların somatik hücrelerinde ikiden fazla kromozom takımının yer almasıdır. Daha çok bitkilerde görülür. Doğal koşullarda poliploit bitkilerin ortaya çıkması mümkündür ancak bunların oluşum frekansı düşüktür. Genellikle laboratuvar ortamında uygulanır. Poliploit bitkiler normalden daha büyük çiçeğe ve meyveye sahip oldukları için ticari öneme sahiptir. Çekirdeksiz karpuz, çilek, muz, şeker kamışı poliploit bitkilere örnektir.

Modern Biyoteknoloji

Gelişmiş ve modern tekniklerin biyolojik sistemlere uygulandığı biyoteknolojik çalışmalardır. Amaçlanan doğrultuda gen kombinasyonlarını sağlamak amacıyla yapılan çalışmalar, genetik mühendisliğinin başlangıcı olarak kabul edilir.

Rekombinant DNA teknolojisi, gen klonlama, DNA klonlanması gibi gen teknolojileri, genetik mühendisliğinin çalışma alanına girer. Ayrıca kök hücre teknolojileri de bu dönemde ön plana çıkmıştır.

Gen Teknolojileri

Gen teknolojisi; gen ifadesini anlamak, doğal genetik varyasyondan yararlanmak, genleri değiştirmek, genleri klonlamak ve genleri yeni konakçılara aktarmakla ilgili bir dizi faaliyet için kullanılan bir terimdir. Bilim insanları, gen teknolojisi çalışmalarını gerçekleştirirken çoğunlukla model organizmalardan yararlanırlar.

Model Organizmalar

- Bilim dünyasında kabul görmüş, deneylerin yürütülmesi sırasında hem araç hem de deneyin kendisinin bir parçası olarak kullanılan canlılardır. Model organizmalar, araştırmacıların daha basit organizmaları baz alarak kompleks sistemleri anlamasını sağlar.
- Kolay yetiştirilebilir ve insana ait hastalık genlerinin benzerlerini taşıdığından yeni ilaçların denenmesinde kullanılan maya mantarı *Saccharomyces cerevisiae* [Sakkaromises serevisiye], lösemi ve kanser hastalıklarının araştırılmasında kullanılan *Drosophila melanogaster* [Drosophila melanogaster], küçük genoma sahip olmasından dolayı bitkisel araştırmalarda en çok kullanılan model organizma olan hardal bitkisi *Arabidopsis thaliana* [Arabidopsis talyana] en yaygın olarak kullanılan model organizmalardan bazılarıdır.

NOT

- Model organizmaların seçiminde önemli olan bazı ölçütler şunlardır:
- Canlı genomu ile benzerliği yüksek olmalı.
- Kısa yaşam döngüsüne sahip olmalı.
- Döller arası süre kısa olmalı.
- Embriyonik gelişimine müdahale kolay olmalı.
- Gelişimi kolay incelenebilmeli.
- Laboratuvar ortamında kolay yetiştirilebilmeli.
- Deneylere uygun olmalı.
- Genetik uygulamalar için uygun olmalı.
- Etik kurallar çerçevesinde faydalanılmalı.
- Genomik haritası çıkarılmış olmalı.
- Kolay bulunabilir olmalı.
- Ekonomik olmalı.

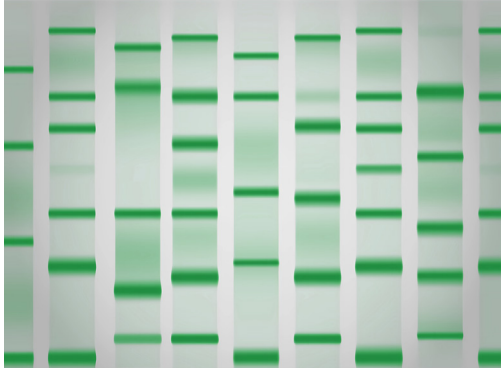
İnsan Genom Projesi

- **Genom**, bir türün bütün genlerini tanımlar. Herhangi bir genomu haritalandırmanın en önemli amacı, her bir kromozomun nükleotit dizisini belirlemektir.
- Genom projeleri insandan önce maya, meyve sineği, fare vb. diğer canlı türleri üzerinde yapılmıştır. Özellikle meyve sineğinin ve farenin genetik işleyişinin insanlarla büyük oranda benzerlik göstermesi bu model organizmalar üzerindeki çalışmaları daha önemli hâle getirmiştir.
- İnsanlık tarihindeki en büyük keşiflerden biridir. Bu projenin amacı insan genomunun haritalandırılması ve anlaşılmasıdır.
- İnsan, bugüne kadar kapsamlı olarak genom dizisi belirlenen ilk omurgalıdır. İnsan genomu, insan gelişimi ve fizyolojisi hakkında olağanüstü bilgiler barındırmaktadır. Hastalıkların erken tanısında ve tanının kolaylaştırılmasında, hastaların genetik yatkınlıklarının tanımlanmasında bu projeden yararlanılmaktadır.



Daha etkili ilaçların ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesinde, geliştirilen ilaçların kimlerde etkili olabileceğinin önceden belirlenmesinde insan genom projesinden faydalanılır.

DNA Parmak İzi



DNA parmak izi

- İnsan genomunda anlamlı ve anlamsız baz dizileri vardır (Anlamsız diziler; herhangi bir proteini kodlamayan, büyük çoğunluğu tekrar eden DNA dizilerinden oluşmaktadır.). Baz dizilerinin jel üzerinde oluşturdukları bantlı yapılara **DNA parmak izi** denir.
- Tek yumurta ikizleri hariç iki insanın DNA'sı %99,9 oranında aynıdır. Geri kalan kısım parmak izi gibi kişiye özgüdür. DNA parmak izinin çıkarılmasında polimeraz zincir reaksiyonu ve elektroforez tekniklerinden yararlanılır.

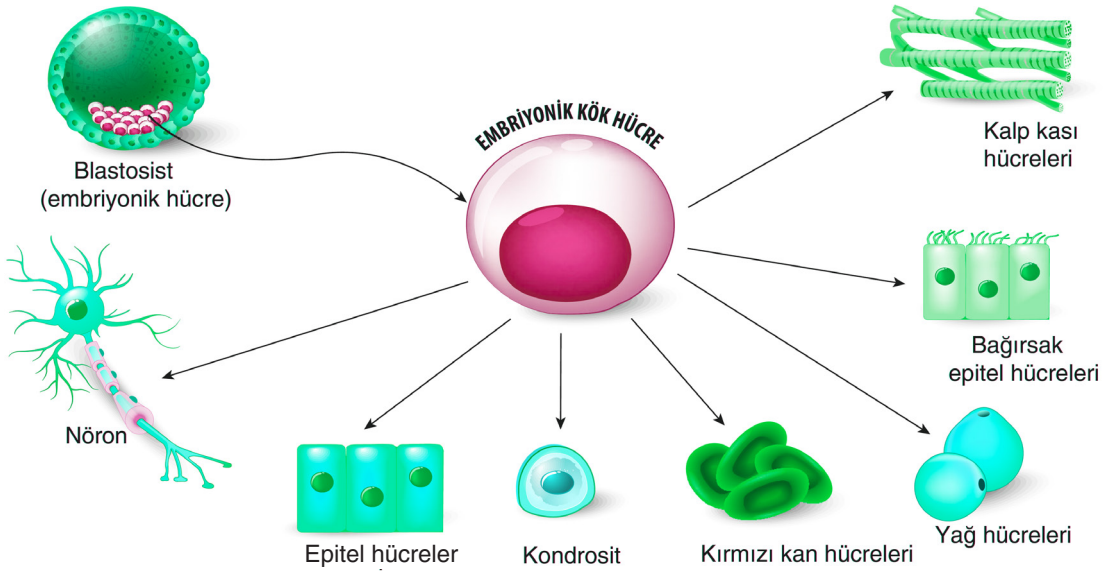
- Bu teknikte DNA örnekleri kan, saç, tükürük, sperm gibi vücut hücrelerinden sağlanabilir. DNA parmak izi analizi baba-lık testinde, kalıtsal hastalıkların tanısında, genetik çeşitlilik belirlemede, moleküler arkeoloji ve kriminoloji alanlarında kullanılmaktadır.

Kök Hücreler

- **Kök hücreler** farklılaşmamış, kendini yenileyebilen, uygun şartlar sağlandığında özelleşmiş hücrelere dönüşebilen hücrelerdir.

Kök hücrelerin genel özellikleri şu şekildedir:

- Uygun bir büyüme ortamında çoğaltılabilir.
- Sınırsız çoğalma yetenekleri vardır.
- Temas ettikleri hücrelere dönüşme potansiyeline sahiptir.
- Kendilerini yenileyebilir veya kendi hücre topluluklarının devamını sağlayabilir.
- Vücudun bir yerindeki zedelenmeyi takiben bu dokuyu onarabilme ve onu işlevsel hâle getirebilme potansiyeline sahiptir.



Embriyonik kök hücrelerinin dönüşebileceği bazı hücre örnekleri

- Klinik uygulamalar ile ilgili araştırmalarla kemik iliği kanserleri, lösemi, anemi, Akdeniz anemisi, organ kanserleri, plazma hücre hastalıkları, kemik iliği yetmezliği, kalıtsal ve doğumsal kan hastalıkları, immün yetersizliğine bağlı gelişen hastalıklar, kalıtsal metabolik hastalıklar, sinir sistemi hastalıkları, kalp hastalıkları, diyabet gibi birçok hastalığın tedavi edilmesi amaçlanmaktadır.

Genel olarak üç tip kök hücre bulunur. Bu hücreler ve özellikleri tabloda verildiği gibidir.

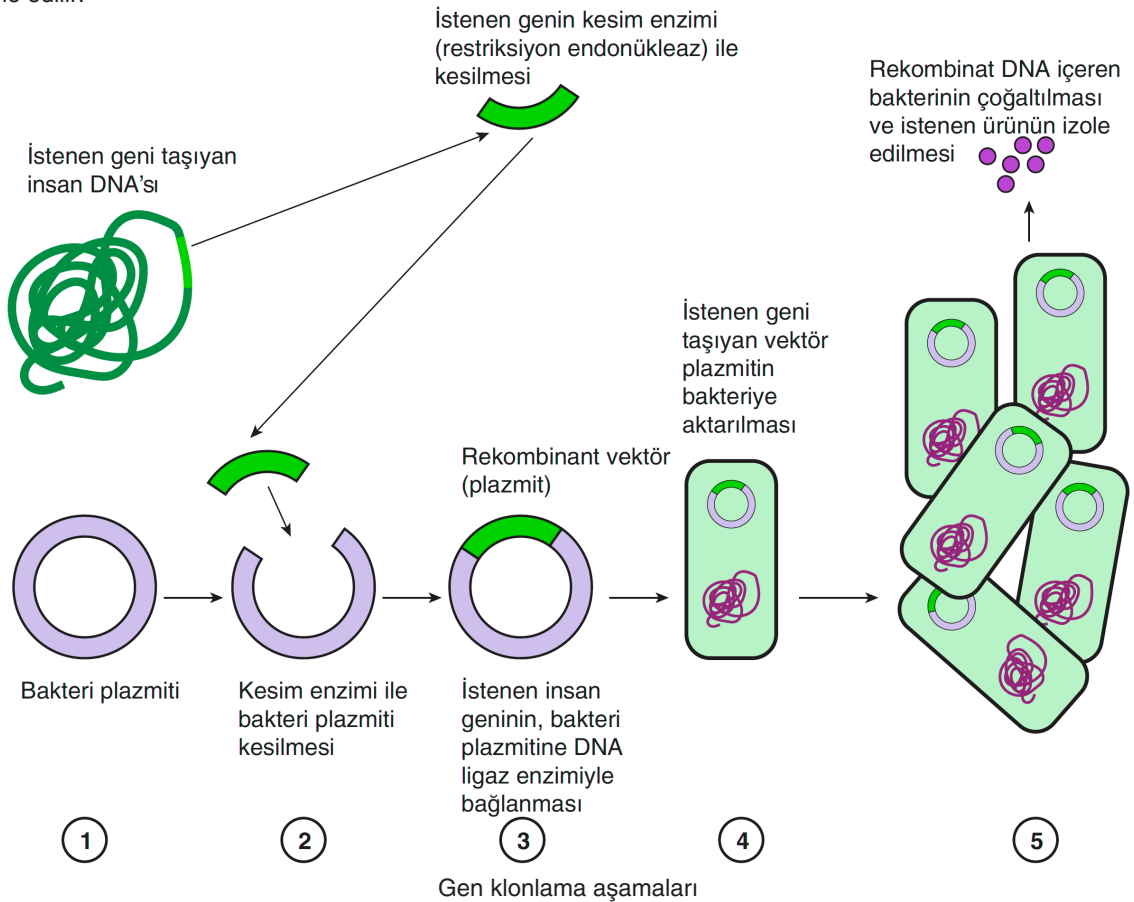
Kök Hücre Çeşitleri		
Embriyonik Kök Hücreler	Kordon Kanından Elde Edilen Kök Hücreler	Yetişkin Kök Hücreler
Embriyonik kök hücreler, embriyonun erken evrelerinde elde edilir. Bu kök hücreleri kültür ortamında yetiştirmek daha kolaydır. Daha hızlı çoğalma ve daha fazla hücre tipine dönüşebilme yetenekleri vardır.	Doğum sırasında göbek kordonundan elde edilen kök hücreler, kordon kan bankalarında saklanır. Özellikle akra- ba ve gen benzerliği olan hastalarda kök hücre tedavisinde kullanılır.	Yetişkin kök hücreler vücudun doku ve organlarındaki farklılaşmamış hü- crelerdir. Her yaştaki insanda bulunan bu hücreler, işlevselliği bozulan veya ölen hücrelerin yerini alabilir. Bu kök hücreler; deri, kemik iliği ve yağ doku- da bol miktarda bulunur.

Gen Klonlama

- Gen klonlama, genetik mühendisliği teknikleri kullanılarak belirli bir genin veya DNA dizisinin tam kopyalarının (klonla- rının) üretilmesi sürecidir.
- Farklı kaynaklardan gelen genleri içerecek şekilde modifiye edilen DNA molekülüne **rekombinant DNA** denir. Re- kombinant DNA ya genetik rekombinasyon yoluyla ya da rekombinant DNA teknolojisiyle elde edilir. Genlerin klonlan- masında çoğunlukla bakterilerden yararlanılır. Çünkü bakteriler, hızlı çoğalır ve kolaylıkla izole edilebilir. Klonlamada bakteri sitoplazmasında bulunan ve hücre DNA'sından bağımsız olarak çoğalan **plazmit** adı verilen halka şeklindeki küçük DNA parçaları kullanılır.

Gen klonlama aşamaları aşağıdaki gibidir.

- İstenen geni taşıyan DNA ve vektör olarak kullanılacak bakteri plazmiti saf olarak elde edilir.
- Vektör olarak kullanılacak bakteri plazmiti ve klonlanacak gen aynı restriksiyon endonükleaz enzimi ile kesilir.
- İstenen geni taşıyan DNA parçası ile bakteri plazmiti DNA ligaz enzimi yardımıyla birleştirilerek rekombinant DNA molekülü elde edilir.
- Rekombinant DNA, bir bakteri hücresine aktarılır ve rekombinant bakteri hücresi elde edilir.
- Tekrarlanan hücre bölünmeleriyle rekombinant DNA molekülünün çok sayıda kopyası oluşur ve gene ait olan ürün izole edilir.



GENETİK MÜHENDİSLİĞİ VE BİYOTEKNOLOJİ UYGULAMALARININ İNSAN HAYATINA ETKİSİ

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları insanların hayatını sosyo-ekonomik ve kültürel anlamda etkilemektedir.

Sağlık Alanındaki Uygulamalar

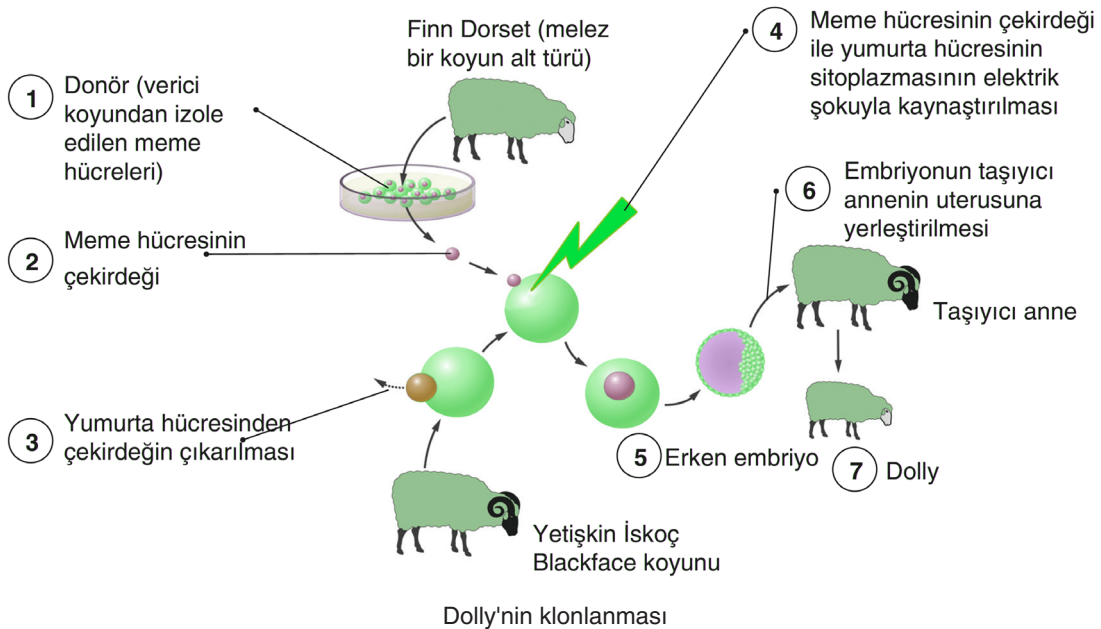
Yapay doku ve organ üretimi, aşı üretimi, antibiyotik üretimi, insülin hormonu üretimi, interferon üretimi ve gen terapisi gibi çalışmalar genetik mühendisliği ve biyoteknolojinin sağlık alanındaki uygulamalarındandır.

Canlı Klonlama

- Bir hücrenin veya organizmanın genetik olarak özdeş kopyasına **klon** denir. Gen, hücre, doku ve hatta koyun gibi tüm organizmalar dâhil pek çok biyolojik materyal klonlanmıştır.
- Klonlama 1900'lerin başında semender, 1952'de iribaşlar, 1958'de Afrika pençeli kurbağa, 1984'te koyun, 1986'da inek embriyolarında yapılmıştır.
- Klonlama kavramı, 1997 yılında İskoç bilim insanı Dr. Ian Wilmut (İyan Vilmut) ve ekibinin koyun Dolly'yi (Doli) somatik hücre nükleer transferi (SCNT) ile üretmeleri sonucunda geniş kitlelerce duyulmuştur.

Dolly'nin klonlanma aşamaları aşağıda verilmiştir.

1. Finn Dorset koyununun meme hücresi alınır. Bu somatik hücre, genetik olarak bir koyunun oluşması için gerekli bütün genleri içermektedir. Fakat bu genlerden sadece bir kısmı aktif durumdadır.
2. Finn Dorset koyununun meme hücresi besin bakımından fakir bir ortama alınarak hücre döngüsü durdurulur. G₀ evresine giren hücrenin bütün genleri aktifleşmiş durumdayken çekirdeği çıkarılır.
3. Yetişkin İskoç Blackface koyunundan alınan yumurta hücresinin çekirdeği çıkarılır.
4. Finn Dorset koyunundan alınan meme hücresinin çekirdeği, yetişkin İskoç Blackface koyununun sadece çekirdeği çıkarılmış yumurta hücresinin içine yerleştirilip elektrik akımı yardımıyla kaynaştırılır.
5. Elektrik akımı aynı zamanda yumurta hücresinin bölünmeye başlamasını sağlar. Hücre füzyonundan sonra nükleer transfer yapılmış embriyolar 6 gün süreyle in vitro kültür ortamında kültüre edilir.
6. Embriyo taşıyıcı anne görevini yapacak olan farklı bir yetişkin İskoç Blackface koyununun uterusuna yerleştirilir.
7. Embriyonik gelişimin tamamlanması ile bir kuzu dünyaya gelir. Bu kuzu, genetik olarak meme hücresinin çekirdeğinin kullanıldığı Finn Dorset koyunuyla özdeşir.



Yapay Doku ve Organ Üretimi

Uygun laboratuvar ortamında canlı hücrelerden oluşturulan dokulara **yapay doku** denir. Hasarlı veya işlevini yitirmiş bir organın yerine tasarlanan organlara ise **yapay organ** denir. Son dönemde üzerinde en çok çalışılan konulardan biri kök hücre teknolojileriyle yapay doku ve organ üretimidir.

Aşı

- Enfeksiyon hastalıklarına karşı bağışıklık sistemimize mikroorganizmaları tanıtmak için kullanılan biyolojik ürünler **aşı** olarak tanımlanır.
- Aşıların üretiminde mikroorganizmaların hastalığa neden olan genleri kullanılır. Bu genler, mikroorganizmalardan izole edilerek taşıyıcı bir hücreye aktarılır. Aktarılan genin ifadesi olan protein, taşıyıcı hücrede bol miktarda üretilir ve bu proteinler aşı yapımında kullanılır.

Antibiyotik

- **Antibiyotikler**; bakteri üremesini engelleyen veya bakterileri öldüren biyosentetik kökenlerine göre doğal, yarı sentetik veya sentetik biyoteknolojik ürünlerdir. Genellikle bakteri popülasyonunun gelişmesini önlemek için mantar veya rekabetçi bakteri gibi mikroorganizmalar tarafından doğal olarak üretilir.
- Antibiyotiklerin kimyasal yolla üretimi zor ve pahalıdır. Rekombinant DNA teknolojisi ile daha ucuz ve fazla miktarda antibiyotik üretimi mümkün olmaktadır.
- Antibiyotiklerin elde edilmesinde mikroorganizmaların antibiyotik üretiminden sorumlu geni izole edilir ve bu genin sentezlediği protein taşıyıcı bir hücrede bol miktarda üretilir. Rekombinant DNA teknolojisi yöntemi ile üretilen antibiyotiklerin etkinliğini artırmak için birçok çalışma yapılmaktadır.

İnsülin

- Pankreasın beta hücreleri tarafından üretilir ve vücuttaki karbonhidrat ve yağ metabolizmasının düzenlenmesinde rol oynar.
- Sağlıklı bireylerden izole edilen insülin üreten genler, *E. coli* bakterilerinin genomuna aktarılır. Bakteride üretilen insülin, ilaç şekline getirilir. Rekombinant insan insülini çabuk ve etkili cevap verir. Ayrıca rekombinant insan insülininin immün sistemle ilgili yan etkileri daha azdır. Bu hormon, 1980'li yıllara kadar domuz ve sığırdan elde edilmiştir.

İnterferon

- Bakteri, virüs, parazit ve tümör hücrelerine karşı bağışıklık sistemi tarafından oluşturulan doğal proteinlerdir.
- İnterferon, kandan izole edilerek viral kökenli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. İnsanda interferon üreten gen *E. coli* bakterisine aktarılmakta ve böylece bakterinin interferon üretmesi sağlanmaktadır.
- İlaç firmaları, rekombinant DNA teknolojisi ile interferonların seri şekilde üretimini gerçekleştirmektedir. İnterferonlardan kanser tedavilerinde de yararlanılmaktadır.

Gen Terapisi

- İşlev ve yapı bakımından bozuk bir genin fonksiyonunun düzenlenmesi veya gen aktarımı yoluyla bu genlerin sağlıklı olanlarıyla değiştirilmesini amaçlar. Kalıtsal hastalıklar, kalp-damar hastalıkları, kanser, Parkinson hastalığı ve Alzheimer (alzaymır) gibi hastalıklar gen terapisi ile tedavi edilmeye çalışılmaktadır.
- Gen ilavesi, gen değişimi, gen ifadesinin baskılanması ve özgün hücrelerin öldürülmesi gen terapisinin tedavi şekilleridir. Bozuk bir genden dolayı yaşam için gerekli bir enzimi üretemeyen kemik iliği hücreleri gen değişimi ile tedavi edilebilir. Kemik iliği hücrelerinden bazıları hastadan alınır, bir virüs aracılığı ile bu hücrelere normal gen eklenerek hücreler hastaya geri verilir. Eğer bu işlemde başarı sağlanırsa bu hücreler hastanın yaşamı boyunca çoğalacak ve eksik enzimi üreterek hastanın sağlığına kavuşmasını sağlayacaktır.

Kanser Tedavisi

- Kemoterapi, radyoterapi ve ameliyat gibi yöntemlerin yanında son yıllarda farklı kanser türlerinin tedavisi için gen terapisi yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca kanser hastalarında kişiye özgü tedavi önem kazanmaktadır.
- Gen bazlı araştırmalara dayanarak doğru ilaç ve dozaj belirlenebilmektedir. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile elde edilen aşılardan bazı kanser türlerinin tedavisinde kullanılmaktadır.

Genetik Danışmanlık

- Bir ailedeki genetik bir bozukluğun araştırılması, tanısı, testleri ve tedavisini içeren danışanlar ve genetik danışman arasında sürdürülen kapsamlı bir iletişim sürecidir. Ailenin soyağacı çıkarılarak varsa kalıtsal hastalıklarının incelenmesi ve genetik testlerin yapılması genetik danışmanlık sürecinde kullanılan uygulamalardandır.

Tarım ve Hayvancılık Alanındaki Uygulamalar

Genetik mühendisliği ve biyoteknolojinin tarım alanındaki uygulamalarının amacı; bitkileri zararlı canlılara karşı dirençli hâle getirmek, ürünlerin besin değerlerini artırmak, üretim maliyetlerini azaltmak ve bitkilerin dayanıklılığını artırarak ürün kalitesini yükseltmektir.

Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO)

- Yeni genetik özelliklerin rekombinant DNA teknolojisiyle aktarılması sonucu oluşan canlılara **transgenik canlılar** veya **genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO)** denir.
- Genetik değişim, DNA'daki özelliklerin değiştirilmesiyle yapılmaktadır. Genetik değişim, canlıya başka bir organizmadan gen aktarılmasıyla veya DNA'da bulunan genin biyoteknolojik uygulamalarla farklılaştırılarak organizmaya yeni bir özellik kazandırılması şeklinde yapılabilmektedir.
- Rekombinant DNA teknolojisi sayesinde yaşamsal öneme sahip birçok ilaç ve aşı ekonomik olarak üretilmektedir. Besinler istenilen özelliklere kavuşmakta ve daha dayanıklı hâle gelebilmektedir. Ürünlerin verimleri artırılmakta ve açlıkla mücadelede etkili rol oynayabileceği düşünülmektedir. Tarımsal ürünlerde hastalıklar ve zararlılar ile mücadele edilebilmektedir.
- Organizmaların genetiğinin değiştirilmesinin potansiyel riskleri de vardır. Gıda alerjisi olan kişiler, günlük besin maddelerine eklenen yabancı proteinlerden zarar görebilirler. Gen aktarımında seleksiyon amacıyla aktarılan özelliklerden biri, antibiyotik direncidir. Antibiyotik direncinin insan ve hayvan bünyesindeki bakterilere yatay olarak geçişiyle sağlık açısından risklerin ortaya çıkması söz konusudur. Rekombinant DNA teknolojisi ile genetiği değiştirilmiş polenler rüzgâr, kuşlar ve böcekler tarafından hem organik hem de klasik tarımın yapıldığı alanlara taşınmakta ve genetik kirliliğe neden olabilmektedir.

Endüstri Alanındaki Uygulamalar

Rekombinant DNA teknolojisiyle endüstriyel enzimler üretilir. Bu yöntemlerle üretilen enzimler; tıp, tekstil, dericilik, gıda endüstrisi, kâğıt endüstrisi ve temizlik sanayisinde kullanılmaktadır. Vitaminler ve bazı deterjanlar biyoteknolojik çalışmalar sonucu üretilmiş endüstriyel ürünlerdendir.

Çevre Alanındaki Uygulamalar

- **Transgenik mikroorganizmalar**, çevreyi kirlüten faktörlerin yok edilmesinde veya bu faktörlerin azaltılmasında kullanılmaktadır. Bazı bakteriler ağır metallerin kirleticisi özelliğini azaltmaktadır. Atık suların ve kanalizasyon sularının arıtılmasında, evsel atıkların zararlarının ortadan kaldırılıp yeni ürünlerin elde edilmesinde, petrol ve maden atıklarının zararlarının ortadan kaldırılmasında transgenik mikroorganizmalar kullanılmaktadır.
- **Biyoürün**, canlıların oluşturduğu maddelerin işlenmesi ile elde edilen üründür. Biyoürünlerin yarılanma ömrü, petrol ürünlerine göre oldukça kısa olduğu için biyoürünler doğaya daha az zarar verir. Organik asitler, çözücü maddeler, esterler, selüloz ve kitosan gibi polimerler, gübre, biyoplastik, biyogaz ve biyodizel biyoürünlerdendir.

Biyogüvenlik ve Biyoetik

- **Biyogüvenlik**, modern biyoteknolojinin insan sağlığı ve çevreye zarar vermeden uygulanmasını sağlamak için alınması gereken politik ve işlevsel önlemlerin tümü olarak tanımlanabilir.
- **Biyoetik**; biyoloji, tıp ve sağlık alanındaki gelişmelerin meydana getirdiği tartışmalı konuları ve etik konularını inceleyen özel bir disiplindir. Biyoetik kavramı, hızlı değişimlerin ahlaki değerlere uygun olması gerektiği düşüncesinden doğmuştur.
- Artan dünya nüfusu ve gıda ihtiyacından dolayı transgenik ürünlerin kullanımının artması ile biyogüvenlik konusunda yapılan yasal düzenlemeler son dönemde büyük bir önem kazanmıştır.
- **Sosyoekonomik ve Kültürel Bağlamın, Biyolojinin Gelişimine Etkisi**; Toplumun ihtiyaç algısının zamanla değişmesi bilimde ve bilimin odaklandığı çalışmalarda değişime neden olmuştur. Biyoloji biliminin gelişmesinde toplumun ihtiyaçları önemli rol oynamıştır. Teknolojik gelişmeler de biyolojinin gelişimini hızlandırmıştır. Mikroskobun icadı, hücrenin ve DNA'nın keşfine zemin hazırlamıştır. Bu çalışmalarla insan genomu ve birçok organizmaya ait genom dizileri belirlenebilmiştir.



Biyogüvenlik tehlike işareti

ATP MOLEKÜLÜ

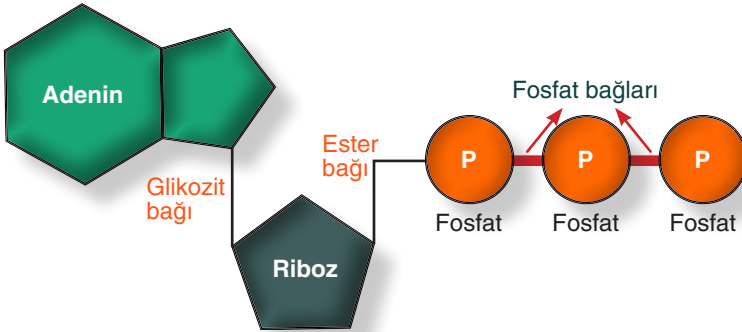
Canlılığın Devamı İçin Enerjinin Gerekliliği

Canlılarda meydana gelen bütün metabolik süreçlerin ayrılmaz bir parçası olan enerji; büyüme, gelişme, çoğalma gibi olaylarda kullanılır. Gerekli olan bu enerjiyi ototroflar kendi ürettikleri besinlerden, heterotroflar ise dış ortamdan aldıkları besinlerden sağlar. Canlılar, en çok kullandıkları enerji çeşidi olan kimyasal bağ enerjisini de besin zinciri yolu ile birbirlerine iletirler. Canlılar tarafından besinlerin kimyasal bağlarındaki bu enerji doğrudan kullanılamadığı için ATP'ye dönüştürülür.

ATP Molekülünün Yapısı ve Görevi

ATP molekülü;

- Yaşamsal faaliyetlerin enerji kaynağıdır.
- Hücre içinde sentezlenir.
- Başka bir hücreye aktarılamaz.
- Depolanamaz.
- Hücrede elektrik, ısı, hareket gibi farklı enerji formlarına dönüştürülür.
- Tüm canlı hücrelerde bulunur.
- Sürekli olarak üretilir ve tüketilir.
- ATP sentezlenmeyen hücrelerde canlılık sona erer.

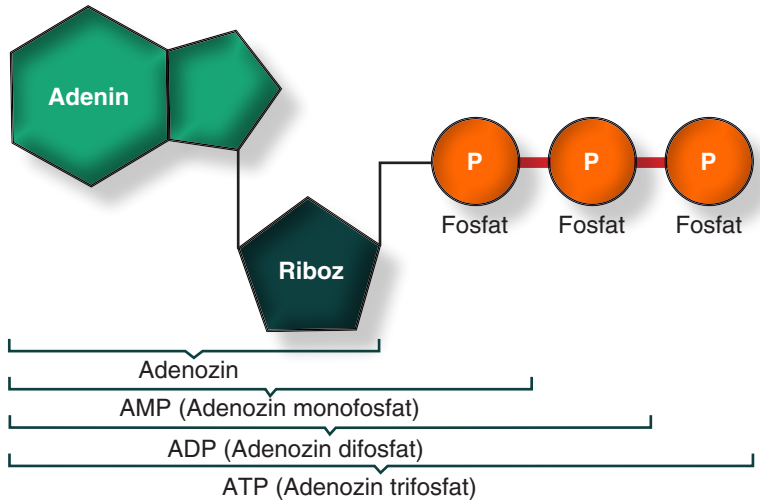


Yapısında;

- Azotlu organik baz olan adenin bazı,
- Beş karbonlu şeker olan riboz,
- Adenin bazı ile riboz arasında glikozit bağı,
- Üç fosfat grubu,
- Riboz ile fosfat grubu arasında ester bağı,
- Üç fosfat arasında 2 adet yüksek enerjili fosfat bağı bulunur.

- Adenin bazı ile riboz şekeri **adenozin** adını alır.
- Adenozin molekülüne bir fosfatın bağlanmasıyla **adenozin monofosfat (AMP)** oluşur.
- AMP'ye bir fosfatın bağlanmasıyla **adenozin difosfat (ADP)** oluşur.
- ADP'ye bir fosfatın bağlanmasıyla da **adenozin trifosfat (ATP)** oluşur.

ATP molekülü, canlıların kullanabildiği evrensel enerji kaynağı olarak kabul edilir.

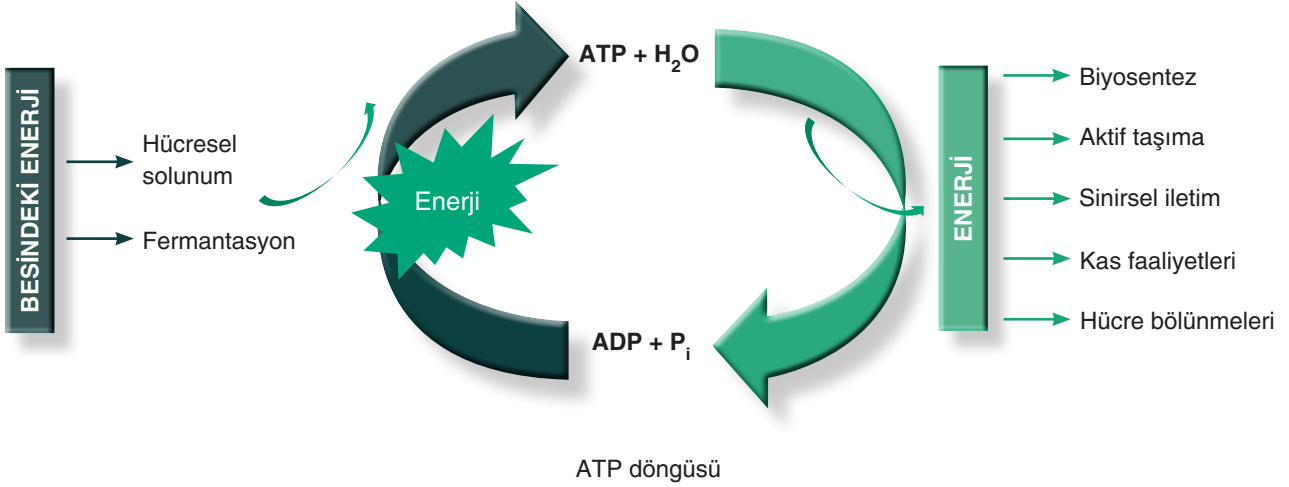


ATP Döngüsü

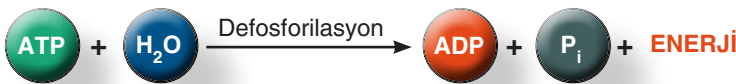
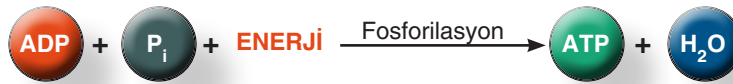
Hücrelerde büyüme, üreme, hareket, biyosentez, aktif taşıma gibi yaşamsal faaliyetler için gereken yapım ve yıkım tepkimelerine metabolizma denir. Basit moleküllerden kompleks yapıli moleküllerin sentezlenmesine **anabolizma (yapım)**, karmaşık moleküllerin basit moleküllere parçalanmasına **katabolizma (yıkım)** denir. Yapım tepkimeleri enerji gerektiren endergonik, yıkım tepkimeleri ise genellikle enerji açığa çıkaran ekzergonik tepkimelerdir.

Ekzergonik tepkimeler

Endergonik tepkimeler



ATP molekülü, sürekli kullanılan ve yenilenebilen bir moleküldür. ADP'ye enerji ile birlikte inorganik fosfat (P_i) eklenmesi sonucu ATP üretilmesine **fosforilasyon** denir. Fosforilasyon sırasında su açığa çıkar (dehidrasyon).



ADP ve ATP'nin birbirine dönüşüm reaksiyonları

ATP'nin H_2O ile hidroliz edilerek yapısındaki enerjinin açığa çıkarılmasına **defosforilasyon** denir.



KRİTİK BİLGİ

ATP **sitoplazma**, **mitokondri** ve **kloroplast** gibi yapılarda **sentezlenir**. Oluşumu **dehidrasyon**, parçalanması **hidroliz** tepkimesiyle gerçekleşir.

ATP sentezi, fosforilasyon olayıdır. Fosforilasyon gerçekleşirken;

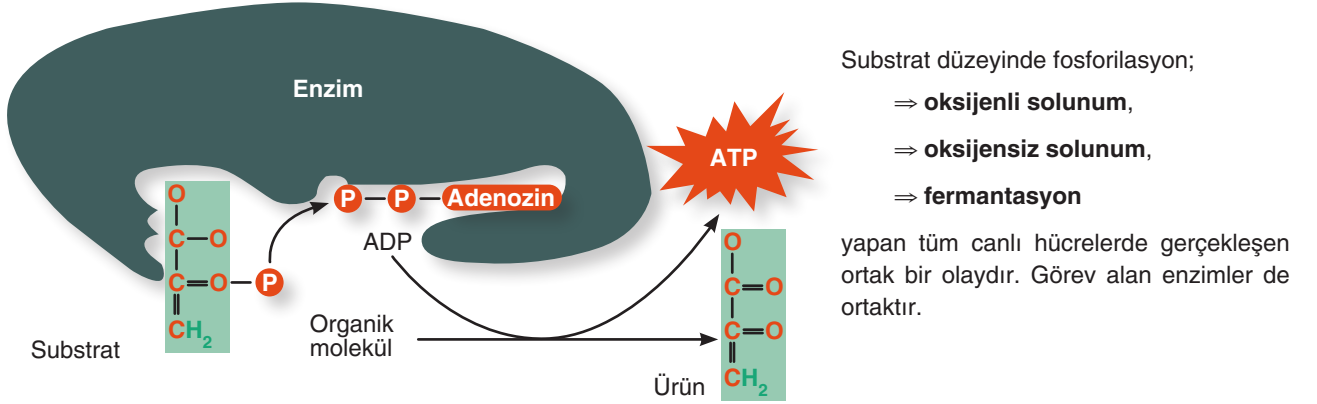
- ⇒ enzim,
- ⇒ fosfat,
- ⇒ enerji,
- ⇒ AMP veya ADP maddelerine ihtiyaç vardır.

Fosforilasyon Çeşitleri

Canlı organizmalarda ATP molekülünün üretilmesi; substrat düzeyinde fosforilasyon, oksidatif fosforilasyon ve fotofosforilasyon olmak üzere üç şekilde gerçekleştirilir.

Substrat Düzeyinde Fosforilasyon

Yapısında fosfat bulunduran bir substrattan enzimler aracılığı ile bir fosfatın ADP'ye aktarılması sayesinde ATP sentezlenmesine **substrat düzeyinde fosforilasyon** denir.



Oksidatif Fosforilasyon

Organik moleküllerin yıkımıyla veya inorganik moleküllerin oksitlenmesi sonucu açığa çıkan elektronların, elektron taşıma sisteminde yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonları ile taşınması sırasında oluşan enerjiden ATP üretilmesine **oksidatif fosforilasyon** denir.

- ⇒ Oksijenli solunum ve oksijensiz solunum yapan canlılar
- ⇒ Kemosentez yapan canlılarda ATP'nin çoğu oksidatif fosforilasyonla elde edilir.

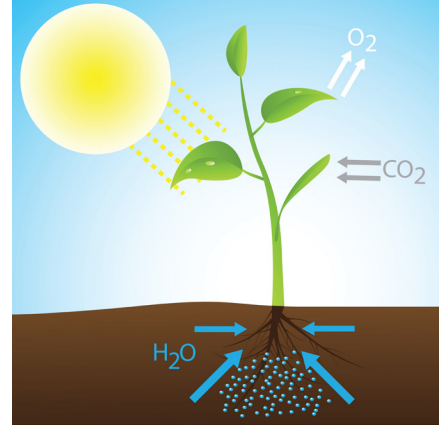
Fotofosforilasyon

Klorofil molekülünün ışık enerjisini kullanarak ADP'ye inorganik fosfat eklemesi yoluyla ATP sentezlemesine **fotofosforilasyon** denir.

- Fotofosforilasyonla sentezlenen ATP molekülü fotosentezde kullanılır. Başka bir metabolik olay için kullanılmaz.
- Fotofosforilasyon, fotosentez yapan canlıların klorofil bulunduran hücrelerinde **ışık** ve **su** varlığında gerçekleşir.
- Klorofilli (siyanobakteri gibi) canlılarda ve bitkilerde ışık varlığında fotofosforilasyon görülür.
- Fotofosforilasyon, prokaryot canlılarda sitoplazmada; ökaryotlarda kloroplast organelinde gerçekleşir.

FOTOSENTEZİN CANLILAR AÇISINDAN ÖNEMİ

Güneş yeryüzündeki ana enerji kaynağıdır. Canlıların güneş enerjisini doğrudan kullanması ya da bu enerjiyi depolaması mümkün değildir. Bu yüzden güneş enerjisinin canlılar için kullanılabilir hâle gelmesi gerekir. Güneş enerjisinin canlıların kullanabileceği enerji şekline dönüşmesi fotosentez ile sağlanır. Klorofil pigmenti bulunduran canlıların ışık enerjisini kullanarak inorganik maddelerden organik madde sentezlemelerine **fotosentez** denir.



Fotosentezin Canlılar İçin Önemi

Fotosentezle üretilen organik besinler canlıların hücre yapısına katılır. Canlılar, bunu besin kaynağı olarak kullanır ve bu besinleri solunum olayı ile parçalayarak yaşamı için gerekli enerjiyi kazanır. Dolayısıyla **fotosentez**, ekosistemlerde **besin** ve **enerji** akışının **temelini** oluşturan en önemli **biyolojik olaydır**.

- Fotosentetik canlılar, karbondioksiti kullanarak kendisi ve diğer canlılar için gerekli besin ile oksijeni üretir.
- Oksijenli solunum yapan canlılar enerji üretmek için bu besin ve oksijeni kullanarak atmosfere karbondioksit verir. Böylece oksijen ve karbondioksit döngüsü gerçekleşir.
- Fotosentetik canlılar atmosferdeki fazla karbondioksiti kullanarak sera etkisini azaltır.
- Fotosentezle atmosfere verilen **oksijenin** temel kaynağı **fitoplanktonlar**, **algler** ve **bitkilerdir**.
- Fitoplanktonlar ve algler, bütün mevsimlerde fotosentez yapar.
- Bazı bitkiler ise kışın yaprak döktüğü için fotosenteze daha az katkı sağlar.

Fotosentez sürecinin Anlaşılmasına Katkı Sağlayan Bilim İnsanları ve Çalışmaları

Bitkilerin küçük bir tohumdan zamanla nasıl büyük bir bitki hâline geldiği, kütlece nasıl büyüdüğü bilim insanları tarafından merak edilmiş ve günümüze kadar araştırma konusu olmuştur.

Aristo (MÖ 384-322), bitkilerin besin maddelerini kökleri aracılığıyla topraktan ve sudan hazır aldıklarını ileri sürmüştür.

Jan Baptist van Helmont (Cen Baptist van Helmant), bitkilerdeki kütle artışının sudan kaynaklandığını ileri sürmüştür.

Nicolas Theodore De Saussure (Nikola Tüüdör Dö Suçyu), 1800'lü yılların başında bitkilerin güneş ışığında suyu ve karbondioksidi emdiği ve ağırlığının arttığı teorisini kanıtlamıştır. Ayrıca bitkilerin azotu havadan değil topraktan suda çözünmüş tuzlarla aldığını göstermiştir.

Theodor Wilhelm Engelmann (Teodor Vilhelm Engelman), ışığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisini Engelman deneyi olarak ifade edilen basit bir düzenekle açıklamıştır.

Frederick Blackman (Friderik Bilekmen), fotosentez hızının fotosenteze etki eden faktörlerden miktarı en düşük olanına göre belirlendiğini belirten **Minimum kuralını** bulmuştur.

Cornelius Bernardus van Niel (Kornelyus Bernardis Van Niyıl), 1930'larda bitkiler tarafından salınan oksijenin daha önce düşünüldüğü gibi karbondioksitten değil su moleküllerinin bölünmesinden geldiğini belirlemiştir. Ayrıca CO₂ kullanılarak kendi besinini kendisi üreten ancak atmosfere oksijen vermeyen bakterilerle çalışmalar yapmış, bu çalışmalar sonucunda bakterilerin su yerine H₂S kullandığında yan ürün olarak kükürt açığa çıktığını saptamıştır.

Robert Hill (Rabirt Hil), 1937 yılında ortamda ışık, su ve uygun bir hidrojen yakalayıcısı bulunduğunda kloroplastların O₂ oluşturabildiklerini görmüştür. Elektron alıcısının sudaki hidrojeni tutarak oksijeni serbest bıraktığını açıklamıştır. Buna da Hill reaksiyonu adı verilmiştir.

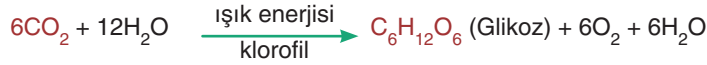
Samuel Ruben (Semuul Ruben), 1941 yılında ağır oksijen atomu (¹⁸O₂) taşıyan su (H₂¹⁸O) molekülleri ve normal oksijen atomu (¹⁶O₂) taşıyan karbondioksit (C¹⁶O₂) molekülleri ile yaptığı çalışmalarla Van Niel'in hipotezini doğrulamıştır.

Peter Dennis Mitchell (Pitir Dönis Mişel), 1960 yılında mitokondrilerde ATP sentezi mekanizmasını açıklamıştır. Yapılan araştırmalar kloroplastlardaki ATP üretiminin de benzer şekilde olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Melvin Calvin (Melvin Kalvin), 1946 yılından itibaren fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları üzerinde çalışmış ve karbon metabolizmasını tüm ayrıntılarıyla açıklamıştır. Bu çalışmasından dolayı Melvin Calvin'e 1961'de Nobel Ödülü verilmiştir.

Fotosentezin Genel Denklemleri

Fotosentezin kimyasal denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:

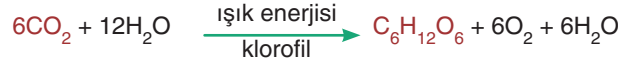


Fotosentez olayında su hem tüketilir hem de üretilir. Denklemdaki su molekül sayıları sadeleştirilirse aşağıdaki denklem elde edilir:

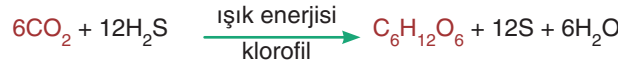


Fotosentezde karbon kaynağı sadece karbondioksittir. Ancak hidrojen kaynakları farklılık gösterebilir. Bitkiler ve bazı bakteriler, suyu hidrojen kaynağı olarak kullanırken bazı fotosentetik bakteriler, hidrojen sülfürü hidrojen kaynağı olarak kullanmaktadır.

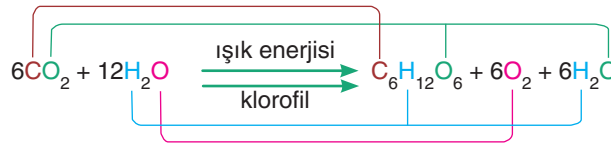
Bitkilerde, siyanobakterilerde, öglenada ve alglerde fotosentezin denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:



Kükürt bakterilerinde fotosentezin denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:



Sonuç olarak tüm fotosentez çeşitlerinde ortak olarak 6CO_2 tüketilip glikoz ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) üretilmektedir. Ancak tüketilen hidrojenli bileşikler aynı olmayıp atmosfere verilecek yan ürün çeşitlerini değiştirmektedir. Elektron kaynağı olarak suyun kullanıldığı fotosentez olayında reaksiyona giren ve reaksiyondan çıkan moleküller ve atomların izlediği yollar denklemden gösterildiği gibidir.



Karbondioksit ve su moleküllerinin yapısındaki atomların fotosentez reaksiyonlarında izlediği yol verilmiştir.

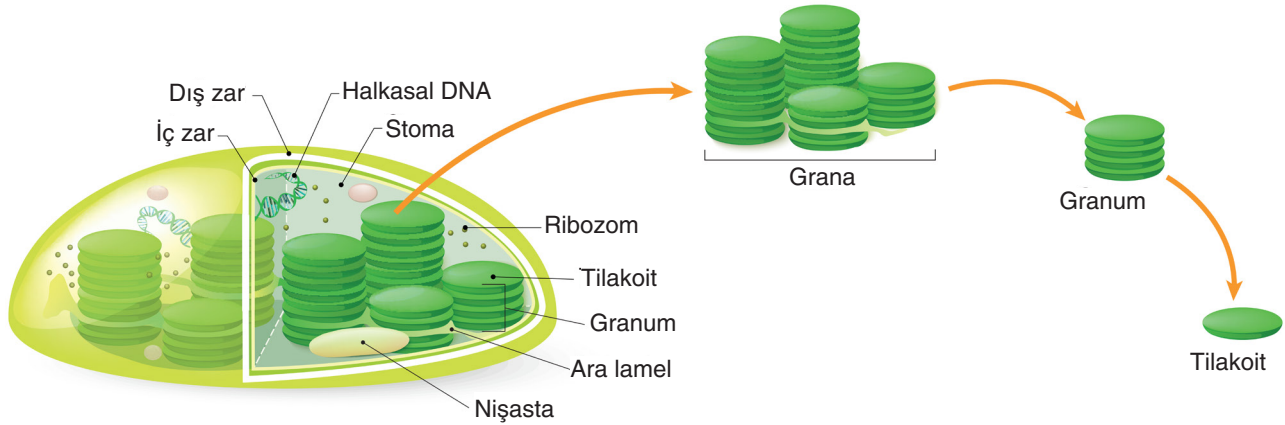
Karbondioksit Molekülündeki		Su Molekülündeki	
Karbon atomu	Oksijen atomu	Hidrojen Atomu	Oksijen atomu
Glikozun yapısına katılır.	Hem glikozun hem de açığa çıkan suyun yapısına katılır.	Glikozun ve açığa çıkan suyun yapısına katılır.	Atmosfere verilir.

FOTOSENTEZDE ROL OYNAYAN ÖGELER

Fotosentez, ışık yardımıyla pigmentlerin ve enzimlerin etkinliği ile gerçekleşen bir olaydır. Fotosentezde görevli enzimler ve pigmentler fotosentetik bakterilerde hücre zarında, fotosentetik ökaryotlarda ise kloroplastlarda yer almaktadır. Burada zaman zaman prokaryotlardan söz edilse de ağırlıklı olarak bitkilerdeki fotosentez mekanizması anlatılacaktır. Fotosentetik ökaryotlarda gerçekleşen fotosentezde CO_2 ve H_2O dışında rol oynayan temel öğeler **kloroplast**, **ışık enerjisi** ve **pigmentlerdir**.

Kloroplast

Fotosentez, ökaryot canlılarda kloroplast organelinde gerçekleşir. Kloroplast, öglene, bazı algler ve bir bitkinin tüm yeşil kısımlarında bulunur.



Kloroplastın yapısı

- Kloroplast organelinin dışında seçici geçirgen **çift katlı** zar bulunur.
- İç kısmı ise keselerden oluşan ve **tilakoit** adı verilen özel bir zar ağı ile örülmüştür.
- Tilakoit zarlarında ışığı absorbe etme özelliğine sahip yeşil renkli **klorofil pigmentleri** yer alır.
- Tilakoitler, sütun hâlinde üst üste gelerek **granum** adı verilen yapıyı meydana getirir.
- Granumlar da ara lamellerle birbirine tutunarak ışığın daha fazla emilmesini sağlayan **granayı** oluşturur.
- Kloroplastın iç kısmı ise tilakoitlerin gömüldüğü **stroma** adı verilen renksiz bir ara madde ile doludur.
- Stroma sıvısında **DNA**, **RNA**, **ribozom** ve **fotosentez** için gerekli **enzimler**, **amino asitler**, bazı **proteinler**, **lipit** ve **nişasta** yer alır.

Fotosentez basit bir reaksiyon değil, farklı evrelerden oluşan reaksiyonlar zinciridir. Bu evreler, kloroplastın farklı yerlerinde gerçekleşir. Tilakoitlerde güneş enerjisi kimyasal enerjiye dönüştürülür. Stromada ise bu enerji, karbondioksiti basit şekere indirgemek için kullanılır.



KRİTİK BİLGİ

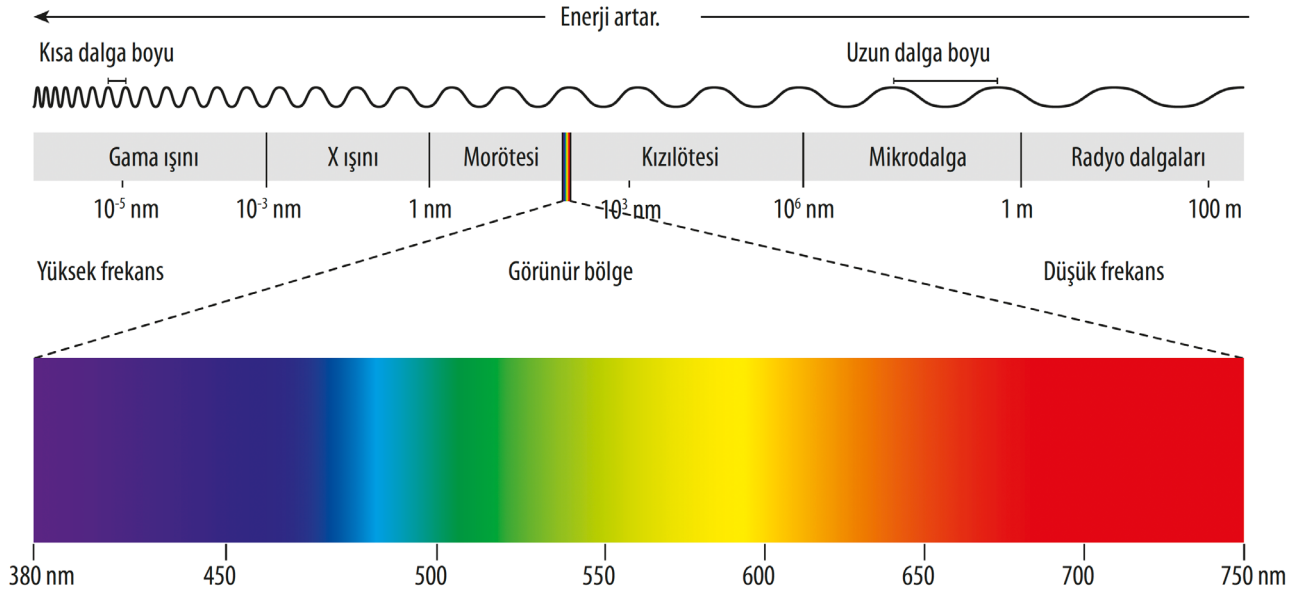
Kloroplast, kendine ait **DNA'sı** olduğundan belli bir büyüklüğe geldiğinde veya ihtiyaç duyulduğunda **hücre çekirdeği kontrolünde** kendini eşleyerek çoğalabilir. Kloroplast içinde gerçekleşen tepkimelerde görevli **enzimlerin üretimini** stroma içindeki **ribozomlar** yapar. Kloroplastlarda üretilen **ATP'ler**, **fotosentez** tepkimelerinde kullanılır.

Işık Enerjisi

Işığın yapısındaki yüksek hızla hareket eden ve enerji yüklü olan taneciklere **foton** denir. Güneş'in yaydığı elektromanyetik ışınlardan görünür dalga boyunda olanların fotonlarındaki enerji fotosentezde kullanılır.

- Işık, elektromanyetik denilen bir enerji şekli olup dalgalar hâlinde yayılır.
- Elektromanyetik dalgalar arasındaki uzaklığa ışığın **dalga boyu** denir.
- Doğada görülen veya görülmeyen farklı dalga boylarına sahip ışıklar vardır.

Elektromanyetik spektrumda yer alan yaşam için önemli ışığın yaklaşık **380 nm** ile **750 nm** arasındaki dalga boyları insan gözüyle görülebildiğinden **görünür ışık** (beyaz ışık) olarak isimlendirilir.

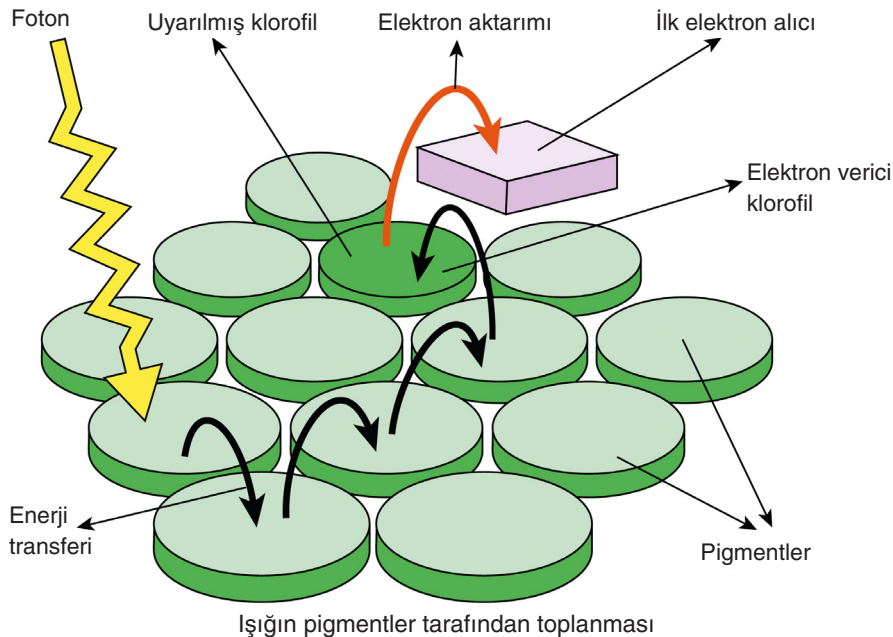


- Beyaz ışık prizmadan geçirildiğinde mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkli ışık bantları oluşturur.
- Dalga boyu uzun olan kırmızı ışığın enerjisi düşük, dalga boyu kısa olan mor ışığın enerjisi yüksektir.

Pigmentler

Görünür ışığı (beyaz ışık) emen (soğuran) maddelere **pigment** denir. Farklı pigmentler farklı dalga boyundaki ışığı soğurur, soğrulmayan ışınları ise geçirir veya yansıtır. Bitkilerde çeşitli renklerin görünümüne sebep olan başlıca pigmentler **klorofil**, **karoten**, **ksantofil** ve **likopendir**.

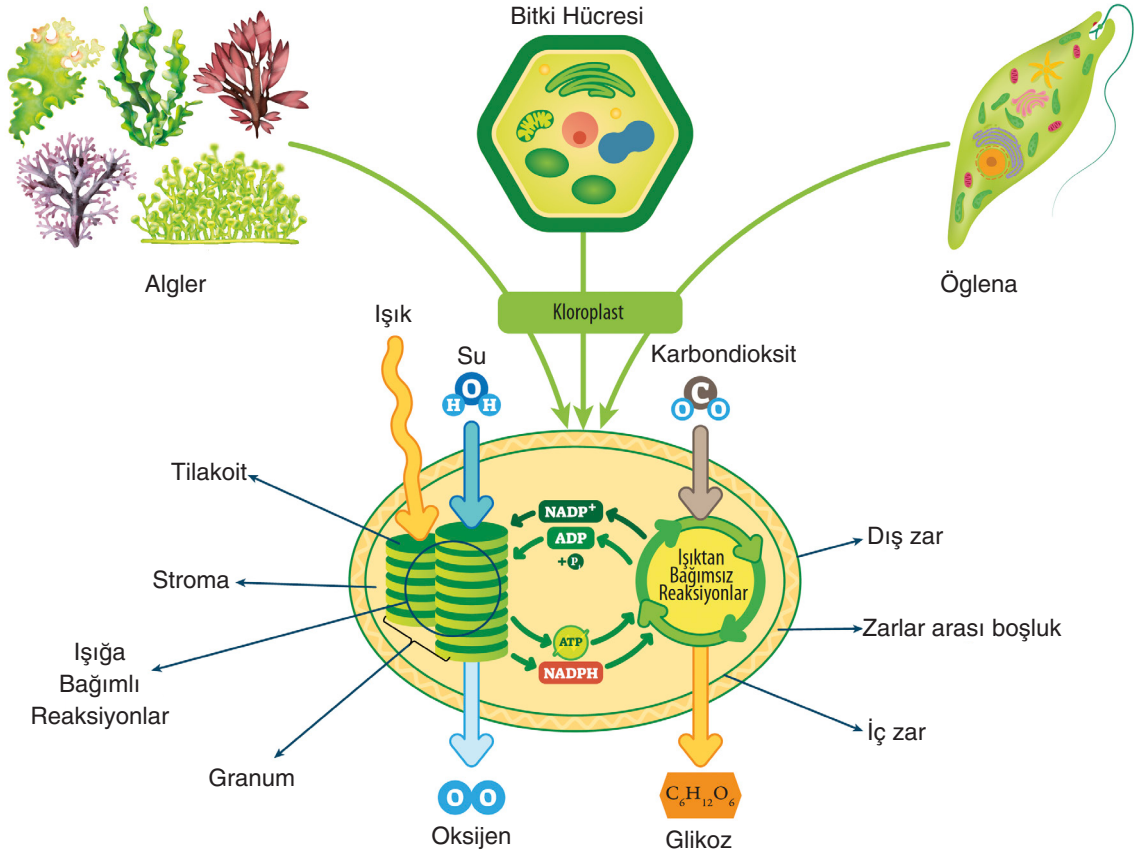
- Klorofil pigmentinin yapısında karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve magnezyum (Mg) atomları bulunur.
- **Klorofil**, canlılarda **yeşil** renk görünümünü sağlar ve ışık enerjisini emer.
- Yapısındaki elektronlar ile ışık enerjisini ETS elemanlarına aktarır ve ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşümünü sağlar.
- Ortamda mutlaka **ışık** ve **demir** (Fe) elementi bulunmalıdır. Çünkü demir elementi klorofilin sentezinden sorumlu enzimin kofaktörüdür.
- Bitkilerde plastitlerin içinde bulunan **turuncu** renkli **karoten**, **sarı** renkli **ksantofil** ve **kırmızı** renkli **likopen** pigmentleri **karotenoitler** olarak isimlendirilir.
- Karotenoitler fotosentez yapmaz ancak klorofilin soğurduğu ışıklardan farklı dalga boyundaki ışınları soğurarak klorofile aktarır.
- Bazı karotenoitler, fazla ışığı emerek klorofil molekülünün zarar görmesine engel olur.



FOTOSENTEZ REAKSİYONLARI

Fotosentez Sürecinin Şeması

Fotosentez olayı, ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız [Calvin (Kalvin) döngüsü] reaksiyonları olarak iki evrede gerçekleşir.



Ökaryot hücrelerin kloroplastlarında gerçekleşen fotosentez reaksiyonları

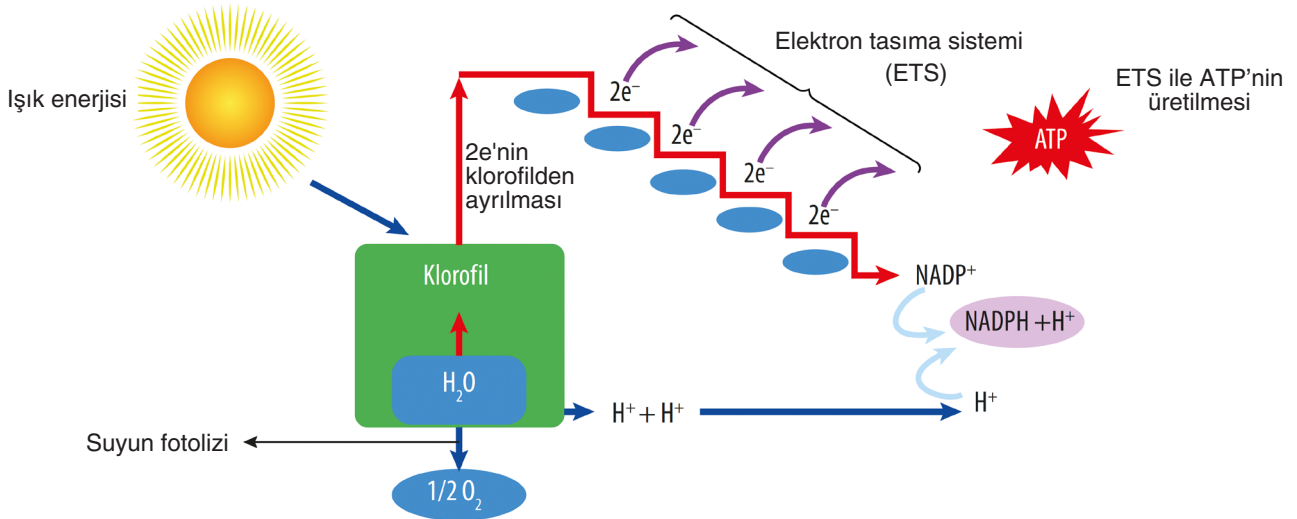
Işığa Bağımlı Reaksiyonlar

Işığa bağımlı reaksiyonlar, kloroplastların **granularında** gerçekleşir. Fotosentezde besin sentezlenebilmesi için ATP üretilmesi gerekir. Klorofilin ışığı soğurarak enerji kazanmasıyla ATP sentezi gerçekleşir. Işığı soğuran ve kimyasal enerjiye dönüştürülmesini sağlayan birimlere **fotosistem** denir.

- Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonları, **ökaryot** hücrelerde kloroplastın granularını meydana getiren tilakoit zarlarında, **prokaryot** hücrelerin ise hücre zarı kıvrımlarında gerçekleşir.

Bu reaksiyonlar ışık olmadan gerçekleşmez. Bu evrede ışık enerjisi, kimyasal enerjiye dönüştürülüp ATP içerisinde geçici olarak depolanır.

- ATP sentezi için klorofilin ışığı soğurması ve ışık tarafından uyarılmış elektronların klorofilden ayrılması gerekir.
- Elektronlardaki enerjiden ATP sentezi yapılabilmesi için kloroplastların tilakoit zarlarında elektron taşıma sistemi (ETS) yer alır.
- Klorofilden ayrılan elektronlar, **indirgenme** (redüksiyon) ve **yükseltgenme** (oksidasyon) reaksiyonları ile ETS'yi oluşturan bir molekülden diğer moleküle aktarılır.
- ETS'de **elektron alan** moleküller indirgenirken **elektron veren** moleküller ise yükseltgenir.
- Klorofil kaybettiği elektronu sudan karşılar.



Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonları evresinde gerçekleşen olaylar ve ışığın bir fotosistem tarafından toplanması

- Elektron aktarımı sırasında elektronun kaybettiği enerjiden yararlanarak ATP sentezlenirken bir kısmı da ısı enerjisi şeklinde sistemden uzaklaştırılır. Bu şekilde ışık enerjisiyle ATP sentezlenmesine **foto fosforilasyon** denir.
- Klorofil tarafından soğrulan ışığın bir kısmı ile su molekülleri parçalanır. Işık enerjisi yardımıyla su moleküllerinin **elektron, proton ve oksijene** ayrışması olayına **fotoliz** denir.

Fotoliz denklemi



KRİTİK BİLGİ

Suyun fotosentez için üç önemli işlevi vardır:

- ⇒ Besin için hidrojen kaynağıdır.
- ⇒ Klorofil için elektron kaynağıdır.
- ⇒ Atmosfer için oksijen kaynağıdır.

- Suyun parçalanması ile açığa çıkan hidrojenler (H^+), bir çeşit koenzim olan NADP^+ (nikotin amid adenin dinükleotit fosfat) ile tutularak NADPH molekülü üretilir.
- Bu evrede fotoliz sonucu açığa çıkan oksijenin fazlası atmosfere verilir.
- ATP ve NADPH ise fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonlarında kullanılır.

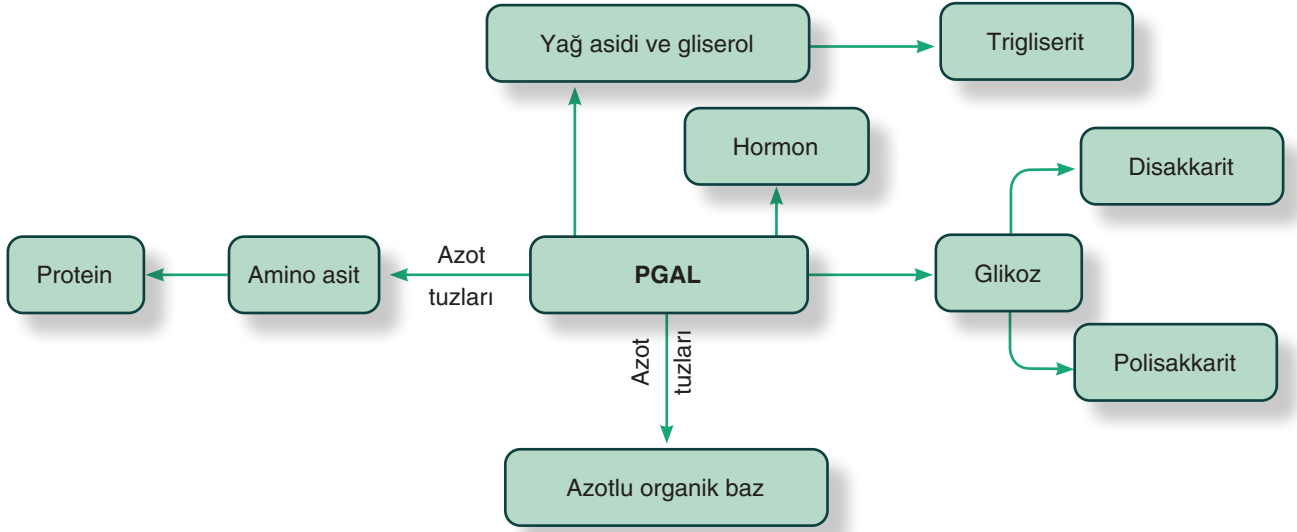
İşıktan Bağımsız Reaksiyonlar

İşıktan bağımsız reaksiyonlar fotosentetik ökaryotlarda kloroplastın stromasında, fotosentetik prokaryotlarda ise sitoplazmada gerçekleşir. Işığın kullanılmadığı bu reaksiyonlar, 1961 yılında Melvin Calvin'in (Melvin Calvin) yaptığı araştırmalar sonucu açıklanmıştır. Bu nedenle bu reaksiyonlar **Calvin döngüsü** olarak da bilinir. Işıktan bağımsız reaksiyonların gerçekleşebilmesi için ışığa bağımlı reaksiyonlara ihtiyaç vardır. Çünkü ışığa bağımlı reaksiyonlar safhasında açığa çıkan ATP ve NADPH 'a ihtiyaç duyulur. Bu nedenle ışıktan bağımsız reaksiyonlar doğrudan ışığa bağımlı değildir. Bu safhadaki reaksiyonlar, enzimatik tepkimeler olduğu için sıcaklık değişimlerine karşı hassastır. Yüksek sıcaklık, ışıktan bağımsız reaksiyonlarda kullanılan enzimlerin yapısına zarar vereceği için fotosentezi yavaşlatır. Enzimlerin kullanıldığı bu tepkimelerde klorofil ve ETS kullanılmaz.



Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları

- Işıktan bağımsız reaksiyonlar, CO_2 'in şekere indirgendiği metabolik bir evredir.
- Işığa bağımlı tepkimelerden gelen ATP'lerin defosforilasyonu ile açığa çıkan enerji yardımıyla CO_2 ile NADPH'ın hidrojenleri birleştirilir.
- Üç karbonlu fosfogliseraldehit (PGAL) molekülleri sentezlenir. PGAL, glikoz, sukroz ve diğer organik moleküllerin sentezinde kullanılan anahtar bir moleküldür.
- Dönüşüm sırasında açığa çıkan NADP^+ , ADP ve inorganik fosfat molekülleri ise stromadan granaya aktarılır ve ışığa bağımlı reaksiyonlarında yeniden NADPH ve ATP sentezinde kullanılır.



- Sentezlenen PGAL'lerin bir miktarı glikoza dönüştürülür. Geri kalan miktarı ise diğer organik bileşiklerin sentezlenmesinde kullanılır.

Fotosentez Reaksiyonlarının Karşılaştırılması

Işığa Bağımlı Reaksiyonlar	Işıktan Bağımsız Reaksiyonlar
Kloroplastın tilakoit zarında gerçekleşir.	Kloroplastın stromasında gerçekleşir.
Işık, klorofil, ETS görev yapar.	Işık, klorofil, ETS görev yapmaz.
NADP^+ , ADP, P_i , H_2O kullanılır.	CO_2 , ATP, NADPH kullanılır.
ATP, NADPH, O_2 üretilir.	Glikoz ve diğer organik bileşikler üretilir.
Suyun fotolizi gerçekleşir.	Fotoliz gerçekleşmez.
Fotofosforilasyon ile ATP üretilir.	Işığa bağımlı reaksiyonlarda üretilen ATP harcanır.



FOTOSENTEZ HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bir hücrenin fotosentez hızı, birim zamanda tükettiği CO_2 veya ürettiği O_2 miktarı ile ölçülür. Ancak doğal süreçlerde fotosentez hızı sadece birim zamanda atmosferden alınan CO_2 veya atmosfere verilen O_2 miktarına göre belirlenemez. Fotosentez hızını klorofil miktarı, sıcaklık, ışığın şiddeti, ışığın dalga boyu ve CO_2 miktarı gibi birçok faktör belirler.

Minimum Kuralı

Fotosentez hızını etkileyen faktörlerden birinin **yetersiz** olması fotosentezin **yavaşlamasına** ya da **durmasına** neden olur. Bu durumda fotosentez hızını, miktarı en düşük olan faktörün belirlemesine **Minimum kuralı** denir.

Genetik ve Çevresel Faktörler

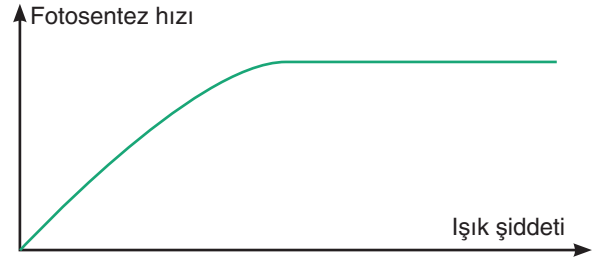
Fotosentez hızını etkileyen kalıtsal faktörler; klorofil miktarı, yaprak sayısı, stoma yapısı ve konumudur. Çevresel faktörler ise ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık, CO_2 yoğunluğudur.

Klorofil Miktarı

Fotosentez yapan canlılarda klorofil pigmenti bulunur. Optimum koşullarda klorofil miktarı arttıkça birim zamanda oluşan ürün miktarı artar ancak fotosentez hızı değişmez.

Işık Şiddeti

Bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı ışık enerjisine **ışık şiddeti** denir. Bitkiye gelen ışık miktarı; ışık kaynağının şiddetine, uzaklığına ve ışığın kırılma derecesine göre değişir. Gölgede ışık az olduğundan fotosentez hızı azalır. Bu nedenle gölgede yetişen bitkilerin büyümeleri sınırlıdır.



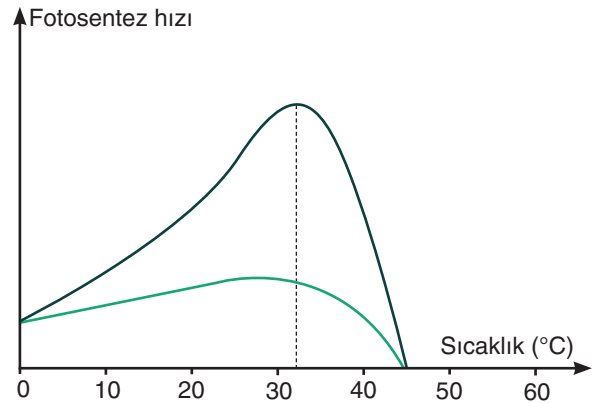
DİKKAT

Işık şiddeti arttıkça belli bir değere kadar fotosentez hızlanır, sonra sabit kalır. Minimum kuralına göre miktarı sabit kalan diğer faktörler, fotosentez hızını sınırlandırır. Işık şiddetinin sürekli artırıldığı düşünülürse fotosentez hızının da bir değere kadar artacağı söylenebilir. Ancak bu değer daha sonra sabitlenir çünkü ortamdaki CO_2 , H_2O , klorofil miktarı gibi faktörler sınırlayıcı olacaktır.

Sıcaklık

Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları, enzimlerin katalizör-lüğünde gerçekleşir. Bundan dolayı sıcaklık faktörü fotosentez hızını etkiler.

- Optimum sıcaklık seviyesinde fotosentez hızı maksimum seviyede olur.
- 35 ile 40 °C sıcaklık arasında çoğu bitki fotosentez yapabilmektedir.
- Belli sıcaklık derecesinin üstünde bitkilerin yapısındaki enzimler bozulur.
- Enzimlerin bozulması fotosentez hızını yavaşlatır ya da durdurur.



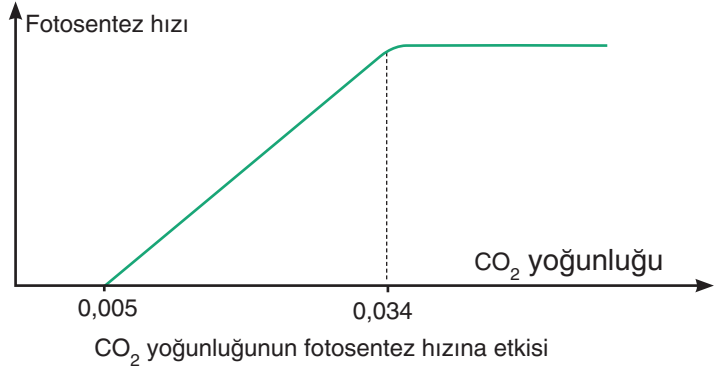
Sıcaklık ve ışık şiddetinin fotosentez hızı üzerindeki etkisi

Işık şiddeti ve sıcaklık bir arada düşünülecek olursa yüksek ışık şiddeti altındaki sıcaklık artışı, fotosentezi belirli bir değere kadar hızlandırır. Ancak düşük ışık şiddeti altındaki sıcaklık artışı, fotosentez hızında belirgin bir artışa neden olmaz.

Karbondiyoksit Yoğunluğu

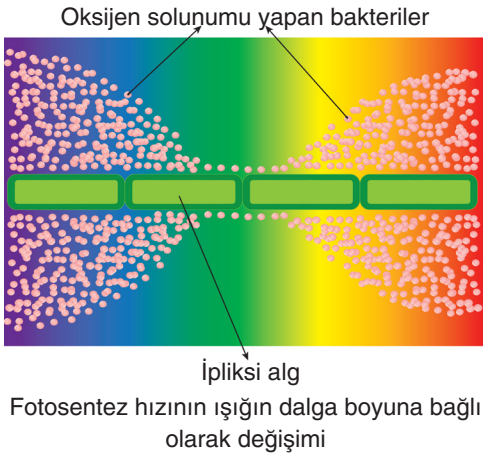
Karbondiyoksit fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonlarının gerçekleşmesi için gerekli bir moleküldür. CO₂ yoğunluğu arttığında fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar, sonra da sabit kalır.

- Havadaki CO₂ yoğunluğu belli bir sınırın altına düşerse bitki CO₂ bağlayamaz ve fotosentez durur.
- Bitkinin fotosentez yaptığı ortama CO₂ tutucu moleküller olan NaOH, Ca (OH)₂, Ba(OH)₂, KOH gibi bileşikler konulursa bu bileşikler CO₂ ile tepkimeye girer ve bu durumdan fotosentez olumsuz etkilenir.
- Soda ve gazoz gibi CO₂ ve minerallerin fazla olduğu maddeler eklenirse fotosentez olumlu etkilenir (Petrucchi vd, 2010: 886).



Işığın Dalga Boyu

Fotosentez sadece görünür ışıktaki başka bir deyişle 380 ile 750 nm arasındaki dalga boylarına sahip ışıktaki gerçekleşir. Klorofil molekülü en çok kırmızı ve mor dalga boylarındaki ışığı soğurur. Yeşil ışığın çoğunu yansıtır.



- Fotosentez hızı, kırmızı ve mor ışıktaki en yüksek değerdedir.
- Yeşil ışıktaki fotosentez en düşük değerde gerçekleşir.

Işığın dalga boyunun fotosentez hızını nasıl etkilediğini Alman botanikçi Theodor Wilhelm Engelmann 1883 yılında gerçekleştirdiği deneyle göstermiştir. Engelmann; bu deney sonucunda mor, mavi ve kırmızı ışıkların alg üzerine düştüğü bölgelerde oksijenli solunum yapan bakterilerin daha fazla toplandığını görmüştür. Bakterilerin toplanması, fotosentezin bu bölgelerde daha hızlı gerçekleştiğini dolayısıyla daha fazla oksijen üretildiğini göstermiştir. Yeşil ışığın düştüğü bölge ise bakterilerin en az bulunduğu yerdir.

Tarımsal Ürün Miktarını Artırmada Yapay Işıklandırma

En büyük ışık kaynağı olan güneşin battığı ya da ışınlarının daha az geldiği zamanlarda özellikle kış aylarında ışık seviyesinin yetersiz olması, bitkilerin büyümesini ve gelişimini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle bitkinin büyümesi ve gelişimi açısından yapay aydınlatma sistemleri, seraların önemli bir bileşeni olarak kullanılmaktadır.

Sera içerisindeki ışık seviyesini;

- güneş ışığının gelme açısı,
- gün uzunluğu,
- güneşlenme süresi,
- bulutluluk,
- yapısal gölgelenme,
- bitki yoğunluğu,
- örtü malzemesi,
- kirlilik gibi birçok faktör düşürmektedir.



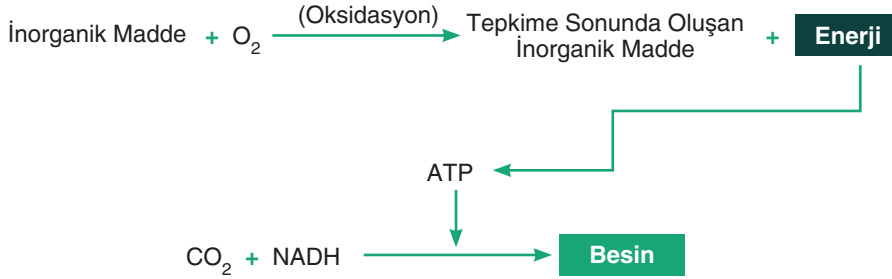
Ortalama güneşlenme süresi 4,5 saatten az olan bölgelerde yapay aydınlatma uygulaması iyi sonuçlar verir. Bitkisel üretimde yapay ışık kaynaklarının kullanımı, güneş ışığına destek amaçlıdır. Bitkide güneş ışığına tepki vermesini tetiklemek amacıyla kullanılmaktadır. Tamamen yapay aydınlatmaya dayalı uygulamalar, bitki yetiştirme kabinlerinde veya dolaplarında kullanılmaktadır. Bu ortamlar ışıqla birlikte diğer tüm çevresel etmenlerin de kontrol altında tutulduğu, özel amaçlı tohum ya da bitki üretiminin yapıldığı yerlerdir. Örneğin; seralarda mor ve kırmızı ışıqla yapılan aydınlatma, fotosentezi hızlandırarak ürün verimini artırmaktadır.



KEMOSENTEZ

Kemosentez ve Kemooototrof Canlılar

Bir atom ya da molekülden elektron ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkimelere **oksidasyon** denir. İnorganik maddelerin oksidasyonu sonucu açığa çıkan kimyasal enerji ile inorganik maddelerden organik madde sentezine **kemosentez** denir. Kemosentez sırasında canlı türüne göre enerji kaynağı olarak farklı inorganik maddeler kullanılabilir.



⇒ Fe^{+2} , NH_3 , NO_2 , H_2 , H_2S ve S_2 gibi inorganik madde çeşitleri oksitlenir.

⇒ Oksidasyon ve redüksiyon sonucu elde edilen enerji ile oksidatif fosforilasyonla ATP sentezlenir. ATP sentezinde ETS görev yapar.

Besin sentezi için gerekli enerjiyi inorganik maddelerin oksidasyonu sonucu açığa çıkan kimyasal enerjiden karşılayan canlılara **kemooototrof** denir. Nitritleyici ve nitratlayıcı bakteriler, kükürt okside edici bakteriler, demir okside eden bakteriler, hidrojen okside eden bakteriler ve arkelerin çoğu bu canlılara örnek olarak verilebilir.

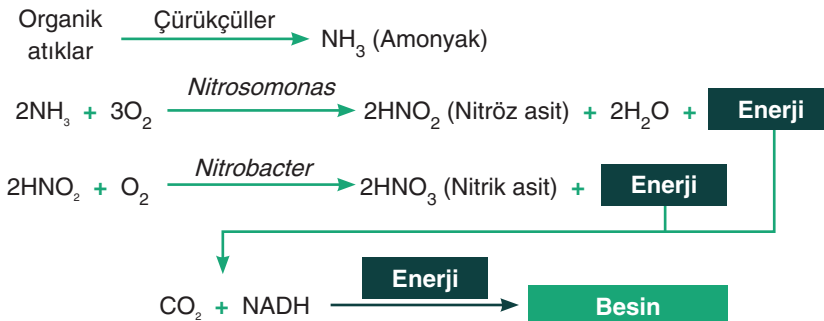
! DİKKAT

Kemooototrof canlılar, prokaryot hücre yapısına sahiptir.

⇒ Kemooototrof canlılar, klorofil pigmenti bulundurmadıkları için besin sentezi sırasında ışık enerjisi kullanmaz. Bu canlılar, fotooototroflardan farklı olarak hem gündüz hem de gece besin üretebilir.

! DİKKAT

H_2S , fotosentez yapan bazı bakterilerde hidrojen ve elektron kaynağı olarak kullanılırken kemosentezde enerji kaynağı olarak kullanılır.



Kemosentezin Madde Döngülerine Katkısı ve Endüstriyel Alanlarda Kullanımı

Kemosentetik canlılar, madde döngülerinde rol oynadığından biyolojik dengenin korunmasında ve çevre kirliliğini önlemede etkilidir.

Nitrit ve nitrat bakterileri, doğadaki azot döngüsünün gerçekleşmesinde önemli role sahiptir.

Kemosentetik arkelerin büyük bir kısmı; yüksek tuzluluk, düşük oksijen yoğunluğu, yüksek sıcaklık, yüksek ya da düşük pH gibi zor koşullarda yaşar. Bu canlılardan elde edilen zor koşullara dayanıklı enzimler, biyolojik ve ekonomik açıdan oldukça önemlidir.

Bu enzimler;

- ⇒ metallerin etkisiyle kirlenmiş suların kullanılabilir hâle getirilmesinde,
- ⇒ boya endüstrisinde,
- ⇒ arıtma tesislerinde,
- ⇒ atık suların temizlenmesinde,
- ⇒ kalitesi düşük metal cevherlerin zenginleştirilmesinde kullanılır.

Fotosentez ve Kemosentezin Karşılaştırılması

Fotosentez ile kemosentez olaylarının ortak ve farklı olan yönleri vardır.

Fotosentez	Kemosentez
İnorganik maddeden organik maddeler üretilir.	
Besindeki karbonun ve oksijenin kaynağı CO ₂ 'dir.	
ETS reaksiyonları gerçekleşir.	
Enzimler kullanılır.	
Işık enerjisi kullanılır.	Kimyasal enerji kullanılır.
Klorofil pigmenti gereklidir.	Oksidasyon gereklidir.
Işık varlığında gerçekleşir.	Gece ve gündüz gerçekleşir.

HÜCRESEL SOLUNUMUN ÖNEMİ

Canlı hücreler; monomerlerden polimerleri sentezlemek, maddeleri zarlardan aktarmak, hareket etmek ve üremek gibi faaliyetler için besinlerden enerji sağlar. Ototroflar, kendi besinlerini kendileri sentezlerken heterotroflar ototrofların sentezlediği besinleri kullanır. Hücrede metabolik faaliyetlerin gerçekleşebilmesi için ihtiyaç duyulan enerji, bu besinlerin hücre içinde solunum olayı ile parçalanmasıyla elde edilir.

Canlıların metabolik faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için organik maddeleri parçalayarak ATP elde etmesi olayına **hücresel solunum** denir. Hücresel solunumla organik maddelerin kimyasal bağlarında depolanmış kimyasal bağ enerjisi yine bir kimyasal enerji olan ATP enerjisine dönüştürülür.

Canlılarda hücresel solunum, **oksijenli** ve **oksijensiz** solunum olmak üzere iki çeşittir.

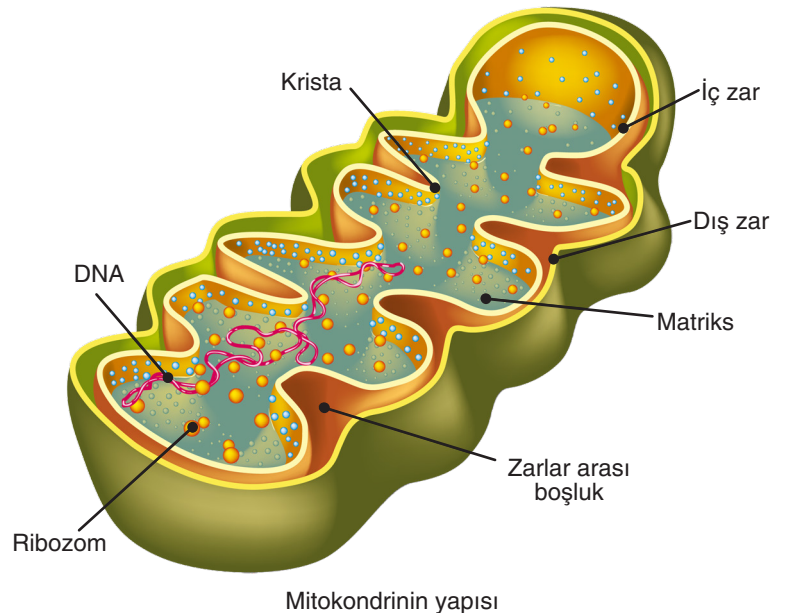
OKSİJENLİ SOLUNUMUN GENEL ÖZELLİKLERİ VE MİTOKONDİRİ

Oksijen, enzimler ve ETS yardımıyla enerji verici organik moleküllerin H_2O ve CO_2 ye kadar parçalanması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenmesine **oksijenli solunum** denir.

- Oksijenli solunum, bazı prokaryotlarda ve mitokondri organeline sahip tüm ökaryot canlılarda gerçekleşir.
- Oksijenli solunum, prokaryotlarda sitoplazmada ve hücre zarı kıvrımlarında gerçekleşir.
- Ökaryotlarda sitoplazmada başlayıp mitokondride devam eder ve tamamlanır.

Mitokondrinin Yapısı

- Mitokondriler bitkiler, hayvanlar, mantarlar ve birçok protista dâhil hemen hemen tüm ökaryotik hücrelerde bulunur.
- Mitokondri sayısı, hücrenin metabolik aktivite düzeyine bağlıdır. Örneğin kas hücreleri diğer hücrelere göre daha fazla mitokondri içerir.
- Mitokondriler kaynaşarak mitokondriyal ağ yapısını oluşturabilir. Örneğin iskelet kas hücrelerinde bu ağı yapı belirgindir.
- Kendine özgü DNA, RNA ve ribozomlarının olması nedeniyle mitokondriler, hücre çekirdeğinin kontrolü altında çoğalabilir ve yapılarına uygun proteinleri sentezleyebilir.
- Mitokondri, çift katlı zar sistemine sahip bir organeldir. Bu zarların her biri çift katlı fosfolipid ve kendine özgü proteinlere sahiptir. Dış zar düz, iç zar kıvrımlı bir yapıya sahiptir. **Krista** denen kıvrımlar, iç zarın yüzey alanını genişletir ve solunumdaki enerji verimini artırır.
- İç ve dış zarlar arasında kalan bölgeye zarlar arası boşluk, iç zarın çevrelediği sıvı ortama da **matriks** denir. Matrikste solunumda görevli olan enzimler, ribozomlar, RNA, organik maddeler, inorganik maddeler ve mitokondri DNA'sı bulunur.
- ATP sentezini sağlayan ATP sentaz enzimi ve ETS elemanları iç zarın kıvrımlarında bulunur.
- Matrikste ise hücre solunumunun bazı basamaklarını katalizleyen enzimler vardır.



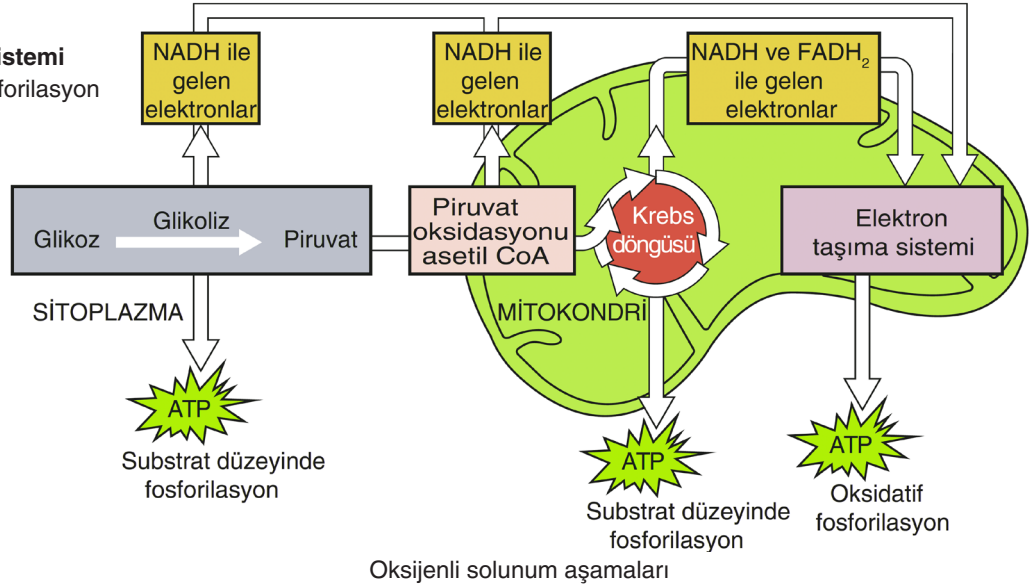
Mitokondrinin yapısı

OKSİJENLİ SOLUNUMUN EVRELERİ

Oksijenli Solunumun Aşamaları

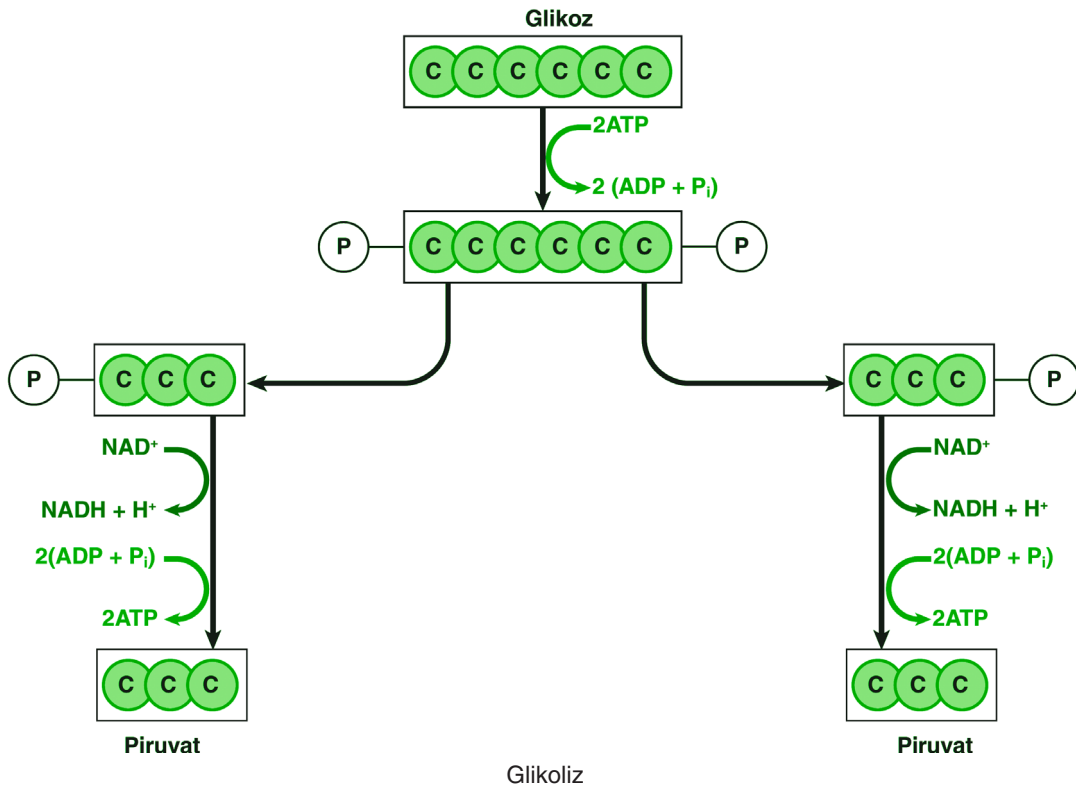
Oksijenli solunum üç aşamadan oluşur.

- ⇒ glikoliz,
- ⇒ krebs döngüsü,
- ⇒ elektron taşıma sistemi (ETS)-oksidatif fosforilasyon



Glikoliz

Canlıların hücresel solunumda enerji elde etmek için altı karbonlu glikozun bir seri tepkime sonunda piruvat (piruvik asit) denen iki adet üç karbonlu moleküle ayrılmasına kadar gerçekleşen bir seri reaksiyona **glikoliz** denir.



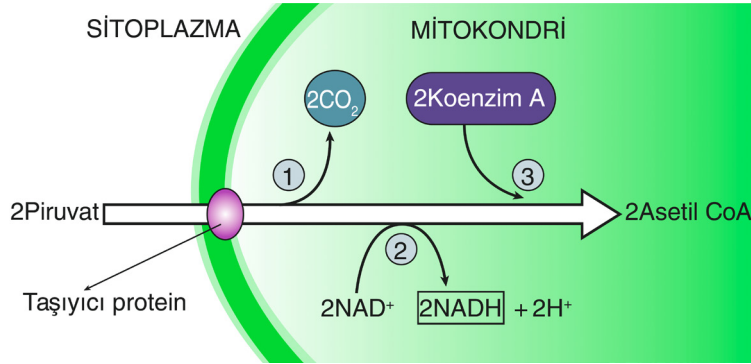
- Glikoliz tüm canlılarda ortak olan enzimlerle **sitoplazmada** gerçekleşir.
- Glikoliz reaksiyonlarının başlayabilmesi için kararlı hâldeki glikoz molekülü, 2 molekül ATP harcanarak kararsız hâle getirilip aktive edilir.
- Daha sonraki aşamalarda ise bir glikoz molekülünün parçalanması sırasında substrat düzeyinde fosforilasyon ile 4 ATP sentezi gerçekleşir. Bu sırada NAD^+ (nikotinamid adenin dinukleotit) koenzimi, organik molekülden hidrojen atomlarını alarak (indirgenerek) $\text{NADH} + \text{H}^+$ oluşturur. İki molekül 3C'lu piruvat meydana gelir.
- Ökaryot hücrelerdeki glikoliz sırasında ara ürünlerden ayrılan hidrojenler, $\text{NADH} + \text{H}^+$ formunda mitokondrinin kristasındaki ETS'ye aktarılır. Bu hidrojenler, oksidatif fosforilasyonla ATP sentezinde kullanılır.
- Sonuç olarak glikoliz olayında
 - $\Rightarrow$ 1 glikoz molekülünden 2 piruvat,
 - $\Rightarrow$ 4 ATP,
 - $\Rightarrow$ 2 $\text{NADH} + 2\text{H}^+$ elde edilir.
- Elde edilen 4 ATP'nin başlangıçta aktive etme için 2 ATP'si harcadığından **substrat düzeyinde fosforilasyonla** net kazanç **2 ATP**'dir.



Pirüvatın Oksidasyonu

Ökaryot hücrelerde glikoliz sonucunda oluşan 2 piruvat ve 2 $\text{NADH} + 2 \text{H}^+$ ortamda oksijen varsa mitokondrinin matriksine geçer. Piruvatlar aktif taşıma ile mitokondriye girer. İki piruvattan her biri iki ayrı krebs çemberine girmek üzere enzimler yardımıyla asetil-CoA (asetil-koenzimA) molekülüne dönüştürülür. Bu aşamalar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- Piruvatlardan birer molekül CO_2 ayrılır.
- Piruvatlardan ayrılan hidrojenlerin elektron ve protonları NAD^+ tarafından tutulur.
- Son olarak yapıya birer molekül koenzim A katılarak asetil CoA moleülleri oluşur.

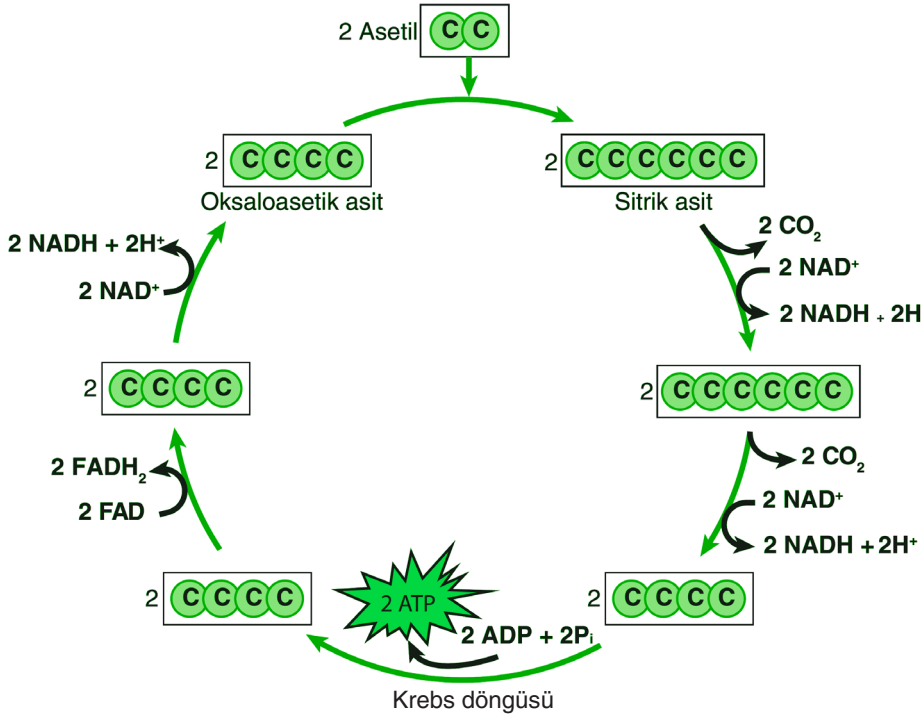


Piruvat'ın asetil CoA'ya dönüşümü

Krebs Döngüsü

- Mitokondrilerin matriksinde gerçekleşir.
- Asetil CoA'dan CoA ayrılır. Krebs döngüsüne asetil girer.
- Krebs döngüsü, 2 karbonlu asetil ile 4 karbonlu oksaloasetik asitin tepkimeye girmesi sonucunda oluşan 6 karbonlu **sitrik asit** oluşumu ile başlar. Sitrik asitten 4 karbonlu oksaloasetik asit yeniden sentezlenir ve Krebs döngüsü tamamlanmış olur.
- Oksijenli solunumla bir glikoz molekülünün parçalanması sırasında gerçekleşen iki Krebs döngüsü ile substrat düzeyinde fosforilasyonla 2 ATP sentezlenir. Krebs döngüsünde farklı karbon sayısına sahip molekülden ayrılan hidrojenlerin proton ve elektronları ise 6 NAD^+ ve 2 FAD (Flavin adenin dinukleotid) tarafından tutulur. Bu sırada 4 CO_2 oluşur ve atmosfere verilir.

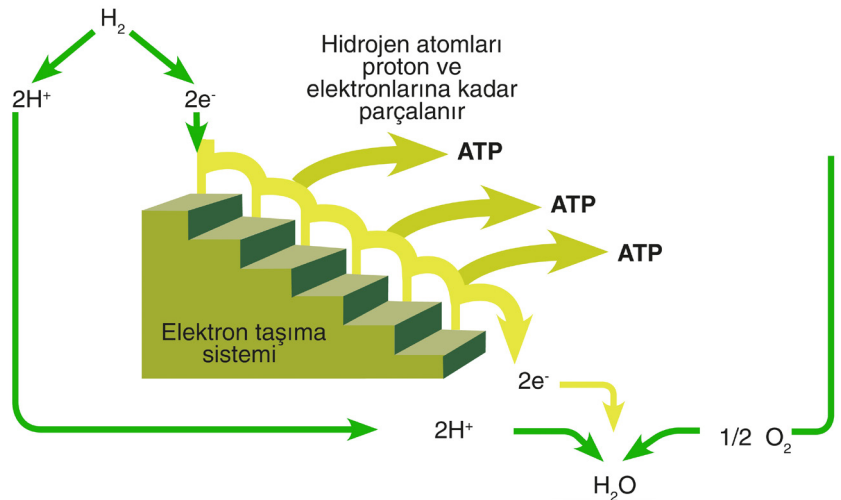
- Krebs döngüsünde üretilen toplam $6 \text{ NADH} + 6\text{H}^+$ ve 2 FADH_2 molekülleri ise elektron taşıma sistemine (ETS) aktarılır.



Elektron Taşıma Sistemi (ETS)

- ETS, elektron taşıyıcı belirli proteinlerden veya moleküllerden oluşmuş bir sistemdir. Bu sistemde elektronlar taşınırken indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonları gerçekleşir.
- ETS, oksijenli solunumda en fazla enerji elde edilen aşamadır.
- Elektron taşıma sisteminin elektron taşıyıcı molekülleri ve ATP sentaz enzimi, ökaryot hücrelerde mitokondrinin kristasında; prokaryot hücrelerde ise hücre zarının içe doğru katlanmış kıvrımlı yapılarında bulunur.
- ETS molekülleri, oksijenli solunumun önceki evrelerinde oluşan $\text{NADH} + \text{H}^+$ ve FADH_2 ile gelen yüksek enerjili elektronları tutar.
- Elektronlar, bir dizi indirgenme ve yükseltgenme tepkimesi ile oksijene kadar sistem boyunca taşınır. Oksijen, enerji seviyesi düşmüş elektronları ETS'nin son molekülünden alarak elektron akışının ve ATP sentezinin devam etmesine katkıda bulunur. Elektron kazanmış oksijen, elektron kaybetmiş bir çift proton ile birleşerek suyu oluşturur.

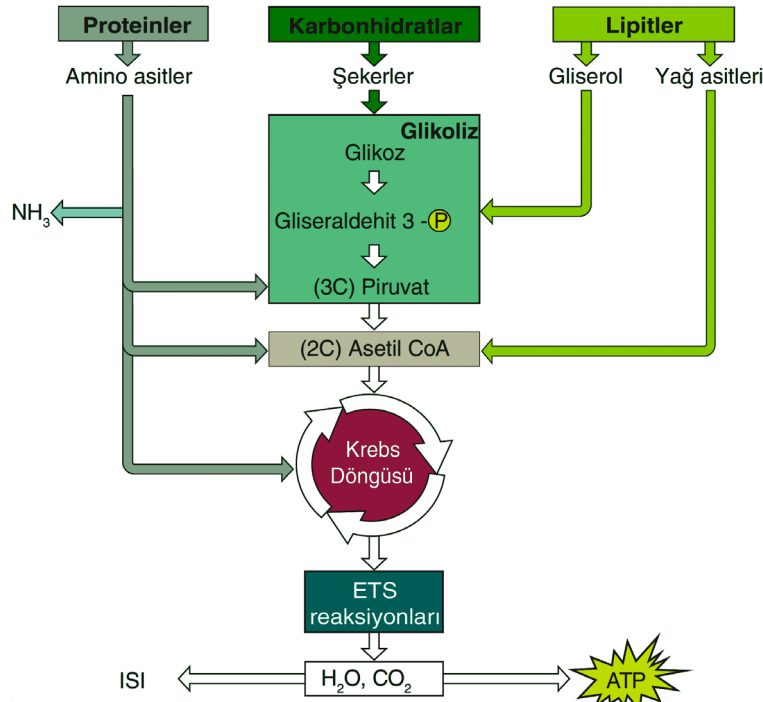
Sonuç olarak oksijenli solunum reaksiyonları sırasında ve sonunda CO_2 ve H_2O oluşurken metabolik faaliyetler için gerekli olan ATP de üretilmiş olur. Oksijenli solunumda tüketilen bir glikoz molekülünden substrat düzeyinde fosforilasyonla 4 ATP, oksidatif fosforilasyon ile NAD^+ ve FAD tarafından taşınan hidrojen elektronlarının enerjisiyle 26 ya da 28 ATP sentezlenir. Böylece glikoz başına 30 ya da 32 ATP üretilir. ATP sayısındaki bu farklılık, sitoplazmada glikolizle oluşturulan NADH moleküllerinin değişik dokularda ETS'ye farklı mekanizmalarla katılmasından kaynaklanır. Örneğin iskelet kası ve beyin hücrelerinde 30; karaciğer, böbrek ve kalp hücrelerinde 32 ATP üretilir. Mitokondride 1 molekül glikozdan 6 molekül CO_2 açığa çıkar. Oluşan 12 molekül H_2O 'dan 6 molekülü Krebs döngüsünde kullanılır, kalan 6 molekül H_2O ortama verilir.



Besinlerin Oksijenli Solunuma Katılma Yolları

Canlılar hücresel solunumda enerji kaynağı olarak sırasıyla **karbohidrat**, **lipid** ve **protein** kullanır.

- Karbohidratlar, ilk önce hidrolizle monomerleri olan glikoza sindirilir. Glikoz, önce glikoliz safhasında piruvata kadar parçalanır. Piruvat mitokondriye geçerek asetil CoA'ya dönüşür, krebs ve ETS evrelerinden geçerek CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanır.
- Lipitler, hidrolizle gliserol ve yağ asitlerine sindirilir. Gliserol, 3 C'lu bileşik olan PGAL'den tepkimelere katılarak piruvata dönüşüp solunum tepkimelerine katılır. Yağ asitleri bir dizi reaksiyonla 2C'lu parçalara ayrılır. Bu parçalar 2 C'lu asetil CoA şeklinde sitrik asit döngüsüne girer.
- Protein, ilk önce hidrolizle monomerleri olan amino asitlere sindirilir. Hidroliz sonucu oluşan amino asitlerin amin grubu amonyak (NH₃) hâlinde ayrılır (deaminasyon). Daha sonra karbon sayılarına göre 2 C'lu aminoasitler asetil CoA'dan, 3 C'lu amino asitler piruvattan, 4 ve daha fazla C'lu amino asitler ise Krebs döngüsünden solunum tepkimelerine katılır.



Farklı organik moleküllerin oksijenli solunum tepkimelerine katılım basamakları

Oksijenli Solunum Reaksiyonları İle İlgili Deney

Deney adı: Bezelyelerde Solunum

Amaç: Bezelye tohumlarında oksijenli solunumu gözlemlemek

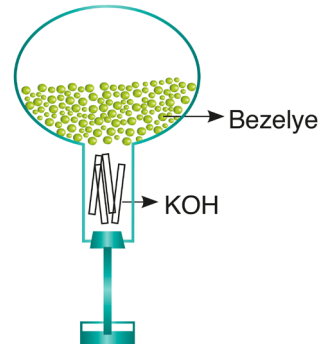
Araç ve Gereçler: Çimlenen bezelye taneleri, balon joje (ölçü balonu), cam boru, beherglas, KOH, renkli bir sıvı

Uygulama Basamakları

- Bu etkinlik için CO₂ tutma özelliğine sahip potasyum hidroksit (KOH) kristallerini, çimlenen bezelye taneleri ile birlikte bir balon joje içine yerleştiriniz.
- Daha sonra, balon jojeyi, şekilde görüldüğü gibi bir ucu renkli sıvıya batırılmış kılcal boru ile birleştiriniz. Bir süre sonra bezelyelerin solunum yapması ile ortamdaki O₂ alınıp ortama CO₂ verilir. Dışarıya verilen bu CO₂, KOH kristalleri tarafından tutulur ve kılcal boruda azalan hacim kadar renkli sıvı yükselir.

Sonuç:

- Çimlenme sırasında tohumların havadan alınan O₂ sayesinde oksijenli solunum yaptığını nasıl tespit ettiniz? Açıklayınız.



OKSİJENSİZ (ANAEROBİK) SOLUNUM

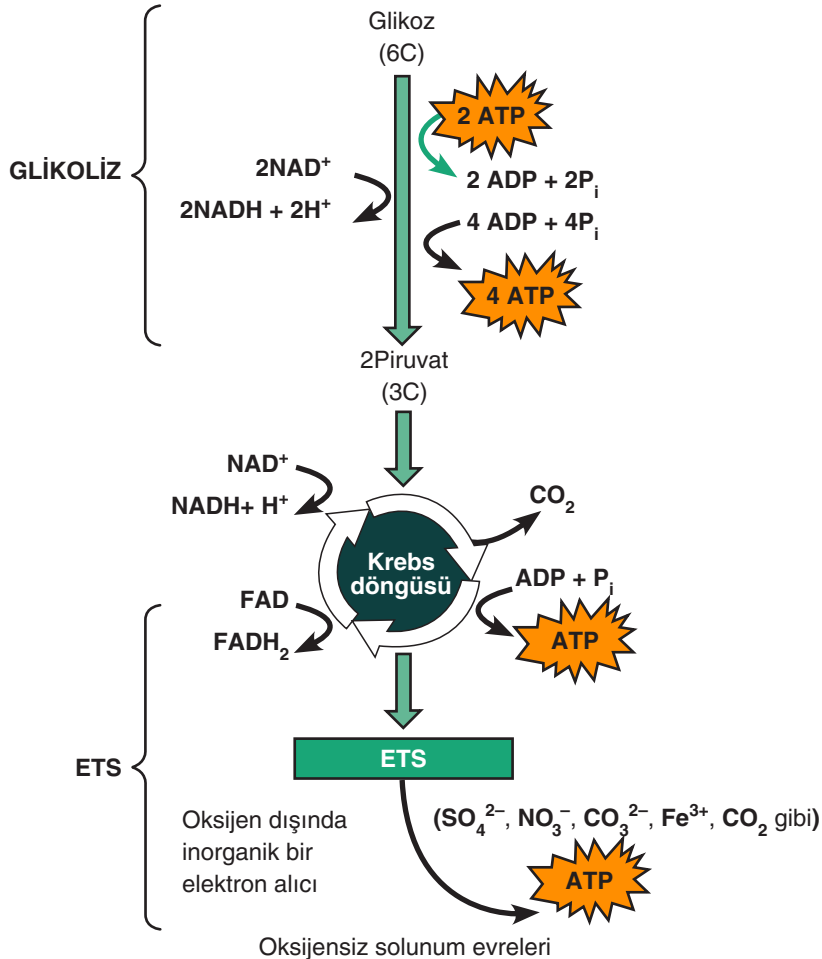
Besin moleküllerinin canlı hücrelerde oksijen kullanılmadan yıkılması sırasında ETS yardımıyla ATP üretilmesine **oksijensiz solunum** denir.

Oksijensiz solunum;

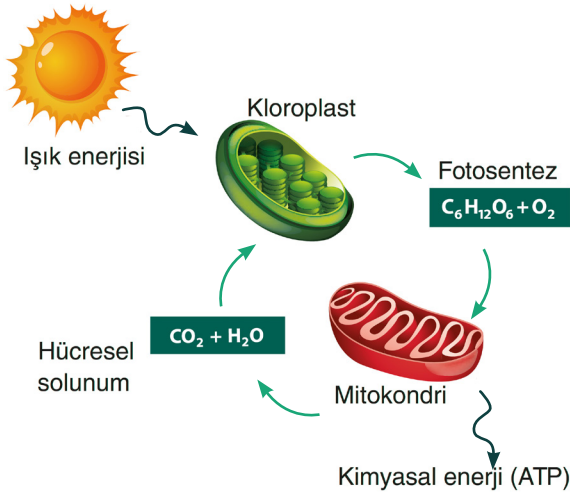
- Bazı bakteri ve arkelerde görülür.
- Elde edilen enerji miktarı oksijenli solunuma göre daha azdır.
- Glikoz, CO_2 ve H_2O 'ya kadar parçalanmaz ve tamamen okside olmaz.
- Son elektron alıcısı, O_2 dışında genellikle bir inorganik moleküldür.
- ETS'deki son elektron alıcısı olan inorganik maddelerin elektron çekim güçleri zayıftır. Bu nedenle üretilen ATP miktarı azdır.
- Anaerobik solunumda kullanılan elektron alıcılarından bazıları nitrat (NO_3^-), ferrik demir (Fe^{3+}), sülfat (SO_4^{2-}), karbonat (CO_3^{2-}) ve CO_2 gibi bileşiklerdir.

Örneğin bataklıkta yaşayan bazı bakteriler besin moleküllerinden kopardıkları elektronları sülfat iyonuna aktarır. Elektronları alarak indirgenen sülfat, hidrojen sülfür (H_2S) oluşumunu sağlar. ETS'de elektronların taşınması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenir. Bataklıklardan çürük yumurta kokusunun gelmesinin nedeni oksijensiz solunum yapan bakterilerin oluşturduğu H_2S 'dir. Ayrıca toprakta ve suda bulunan nitrat (NO_3^-), oksijensiz solunum yapan bakteriler tarafından N_2 ye (moleküler azota) dönüştürülür. Bu bakteriler, oksijensiz ortamda ETS'lerinde son elektron alıcısı olarak nitratı kullanır. NO_3^- elektron alarak birkaç basamakta moleküler azota dönüşür. **Denitrifikasyon** adı verilen bu olay biyosferdeki azot dengesinin korunmasına katkı sağlar.

- Oksijensiz solunumda **substrat düzeyinde fosforilasyon** ve **oksidatif fosforilasyon** ile ATP üretilir.



FOTOSENTEZ VE SOLUNUM İLİŞKİSİ



- Besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fotosentetik canlılar, güneş enerjisini fotosentezle kimyasal enerjiye çevirerek besinlerin yapısında depolar. Heterotrof canlılar ise üreticilerle veya diğer tüketicilerle beslenerek güneş enerjisinden dolayı olarak yararlanır. Bu yüzden yeryüzünde yaşayan canlılar için fotosentez oldukça önemlidir.
- Fotosentez ile oluşturulan besinler solunumda kullanıldığından fotosentez ve solunum tepkimeleri arasında birbirlerini tamamlayıcı bir ilişki bulunmaktadır. Fotosentez ürünleri olmadan solunum, solunum ürünleri olmadan da fotosentez gerçekleşmez.
- Oksijenli solunumun son ürünleri olan karbondioksit ve su, fotosentez tepkimelerinde temel maddeleri oluştururken fotosentezin son ürünleri olan besin ve oksijen de oksijenli solunumda tüketilen temel maddeleri oluşturur.

Fotosentez ve solunum ilişkisi

- Bitkiler solunumu gece gündüz, fotosentezi sadece ışık varlığında gerçekleştirir. Gündüzleri bitkilerin fotosentez hızı solunum hızından fazla olduğu için solunum sonucu ürettikleri karbondioksiti ve suyu atmosfere vermeden fotosentezde kullanır. Bunun sonucunda atmosfere karbondioksit salınımı geceye göre gündüz azdır.
- Canlıların hücresel solunumu, orman yangınları, fosil yakıtların kullanımı atmosferde karbondioksit oluşumunu etkileyen faktörlerdir.
- Atmosferde biriken karbondioksit gazı, üreticiler tarafından tutularak besin sentezinde kullanılır. Bu da doğadaki madde döngülerinin devamlılığını sağlar.
- Fosil yakıtların aşırı tüketimi, atmosferde CO₂ artışına yol açarak sera etkisi yaratmakta ve küresel sınıma yol açmaktadır. Küresel ısınma, iklim ve canlı türleri üzerinde etkili olmaktadır. Bazı türler yok olurken bazıları yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır.
- Atmosferdeki CO₂ miktarını dengede tutmak için ormanlar korunmalı ve çoğaltılmalıdır.

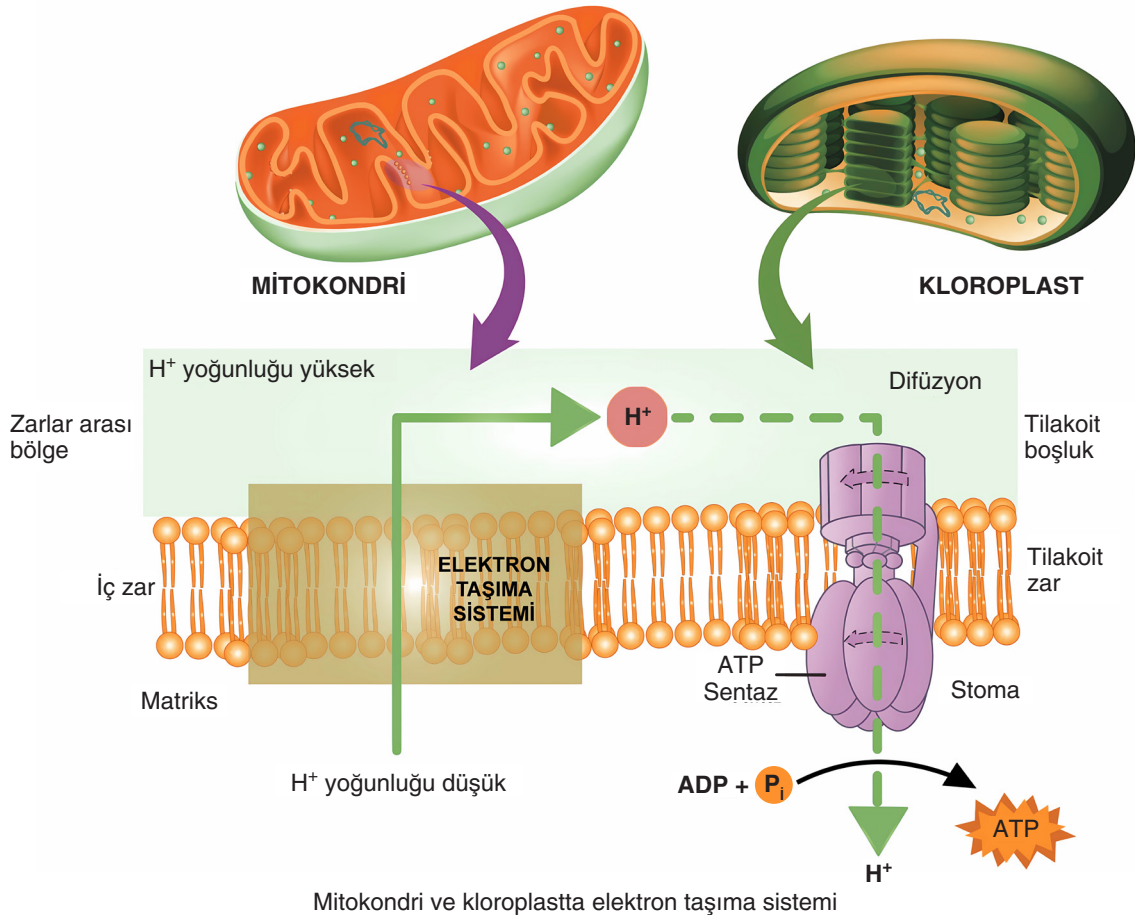
Fotosentez ile Oksijenli Solunumunun Karşılaştırılması

FOTOSENTEZ	OKSİJENLİ SOLUNUM
Ökaryot canlılarda kloroplastta, prokaryot canlılarda sitoplazmada gerçekleşir.	Ökaryot canlılarda sitoplazma ve mitokondride, prokaryot canlılarda sitoplazmada gerçekleşir.
Yeterli ışık enerjisi varlığında gerçekleşir.	Oksijen varlığında gerçekleşir.
Reaksiyona giren maddeler, CO ₂ ve H ₂ O/ H ₂ S/ H ₂ 'dir.	Reaksiyona giren maddeler, organik besinler ve O ₂ 'dir.
Güneş enerjisi, kimyasal bağ enerjisine dönüştürülür.	Kimyasal bağ enerjisi, ATP'ye dönüştürülür.
Fotosentez sonunda ağırlık artışı olur.	Solunum sonunda ağırlık azalması olur.
Enzimatik tepkimeler gerçekleşir.	Enzimatik tepkimeler gerçekleşir.
ETS elemanları görev alır.	ETS elemanları görev alır.
İnorganik maddeler kullanılır.	Organik maddeler parçalanır.
ATP üretimi ve tüketimi vardır.	ATP üretimi ve tüketimi vardır.
Fotofosforilasyon görülür.	Substrat düzeyinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyon görülür.

KEMİOSMOTİK GÖRÜŞ

Ökaryotların mitokondrisinde ve kloroplastlarında, prokaryotların hücre zarında ETS yardımıyla ATP sentezi kemiosmotik görüş ile açıklanır. Bu görüşe göre mitokondri ve kloroplastlarda zarın iki tarafındaki proton yoğunluğu farkına bağlı olarak ortaya çıkan proton itici gücüyle ATP sentezlenir.

- Fotosentezde NADP^+ ve hücresel solunumda NAD^+ ve FAD molekülleri ile taşınan hidrojenlerin elektronları, ETS' deki taşıyıcı moleküllere aktarılır.
- ETS'de taşınan elektronlar, yüksek enerji düzeyinden düşük enerji düzeyine iniş eğilimindedir.
- ETS'de elektronların taşınımı ile açığa çıkan serbest enerjinin bir kısmı ısı olarak dışarı verilir. Bir kısmı ise iç zarın çevrelediği sıvı ortamdaki hidrojenlerin protonlarını, ETS molekülleri aracılığı ile iç ve dış zar arasındaki boşluğa pompalamada kullanılır.
- Zarlar arası boşluktaki proton yoğunluğu, iç zarın çevrelediği sıvı ortama göre daha yüksek olur. İç zarın iki tarafındaki proton yoğunluğu farkı bir potansiyel enerji oluşturur.
- Protonlar, zarlar arası boşluktan sıvı ortama dönme eğiliminde olsa da iç zar protonlar için geçirgen değildir. İç zarda yer alan ATP sentaz enzimi, protonların sıvı ortama geri dönmelerini sağlayan bir kanal oluşturur.
- Protonların sıvı ortama geçişi, ATP sentazı aktif hâle getirerek ATP sentezini gerçekleştirir.
- Zarlar arasındaki boşluk ile sıvı ortam arasında elektriksel yük farkı oluşur.
- Elektron akışı, elektron çekim gücü yüksek olan oksijen molekülüne doğrudur.
- Oksijen, ETS'nin son elektron alıcısıdır.
- **Oksijenli solunum**da oksijen, ETS'nin son molekülüne gelen elektronları alarak **elektron akışının** ve **ATP molekülünün** sentezinin sürdürülmesini sağlar.
- Elektron kazanan oksijen, elektronunu kaybetmiş bir çift proton (2H^+) ile birleşerek suyu oluşturur.
- **Oksijensiz solunum**da ise **sülfat, nitrat, karbonat** veya **demir** son elektron alıcısı olarak kullanılır.





FERMANTASYON

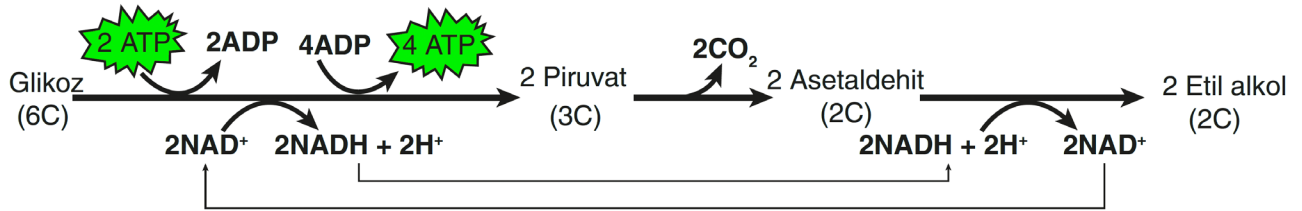
Fermantasyonun Genel Özellikleri ve Önemi

- Şekerlerin ya da diğer organik yakıtların oksijen kullanmaksızın kısmen yıkıldığı katabolik sürece **fermantasyon** denir.
- Fermantasyon ve anaerobik solunum, hücrelerin oksijen kullanmaksızın ATP üretmesini sağlar. Bu ikisi arasındaki fark, anaerobik solunumda bir elektron taşıma zinciri kullanıldığı hâlde fermantasyonda kullanılmamasıdır.
- Fermantasyon, hücrelerin sitoplazmasında gerçekleşir.
- Organik monomerler tamamen parçalanmadığı için enerji verimi diğer oksijenli ve oksijensiz solunuma göre çok daha düşüktür.
- Sadece substrat düzeyinde fosforilasyon ile ATP sentezi gerçekleşir.
- Fermantasyon olayları glikoliz tepkimeleri ile başlar. Ancak glikolizden sonraki basamaklarda kullanılan enzimler, canlı türüne göre farklılık gösterdiğinden piruvat farklı organik yapıllı maddelere dönüşür.

Canlılarda gerçekleşen en önemli fermantasyon çeşitleri **etil alkol** ve **laktik asit** fermantasyonudur.

Etil Alkol Fermantasyonu

- Etil alkol fermantasyonu bazı bakterilerde, bira mayası gibi maya hücrelerinde ve bazı bitki tohumlarında görülür. Glikoliz sonucu oluşan piruvatın enzim denetiminde iki karbonlu etil alkole dönüştürülmesi olayına **etil alkol fermantasyonu** denir.
- Etil alkol fermantasyonunda glikoliz olayından sonra ilk önce üç karbonlu piruvattan bir molekül CO_2 ayrılması ile iki karbonlu asetaldehit oluşur. Oluşan asetaldehit etil alkol fermantasyonuna özgü bir moleküldür. Daha sonra asetaldehit, glikolizde oluşan $2 \text{NADH} + 2\text{H}^+$ dan kopan hidrojenleri alarak iki molekül etil alkole dönüşür. Bu sayede serbest kalan NAD^+ molekülleri, tekrar glikoliz reaksiyonlarına katılabilir. Böylece glikoliz reaksiyonların devamlılığı sağlanır.



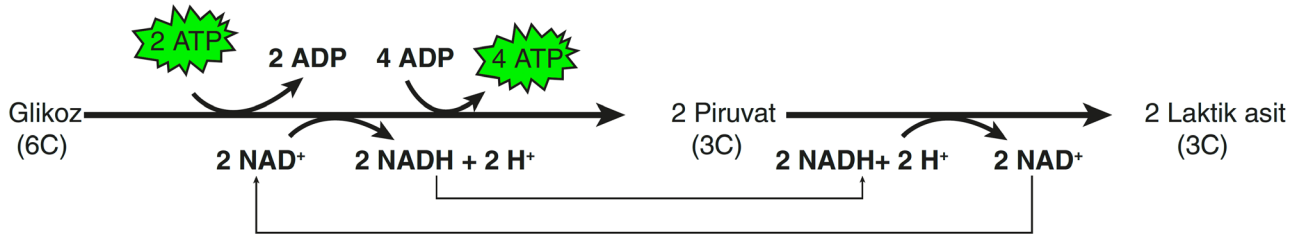
- Hamurun mayalanması etil alkol fermantasyonuna örnektir. Hamurun kabarması, oluşan CO_2 sayesinde gerçekleşir ve ortamdaki gaz basıncı artar.



- Etil alkol fermantasyonu yapan canlılar için son ürün evresinde açığa çıkan etil alkol, belirli bir değerin üzerinde zehir etkisi gösterir ve fermantasyon durur.

Laktik Asit Fermantasyonu

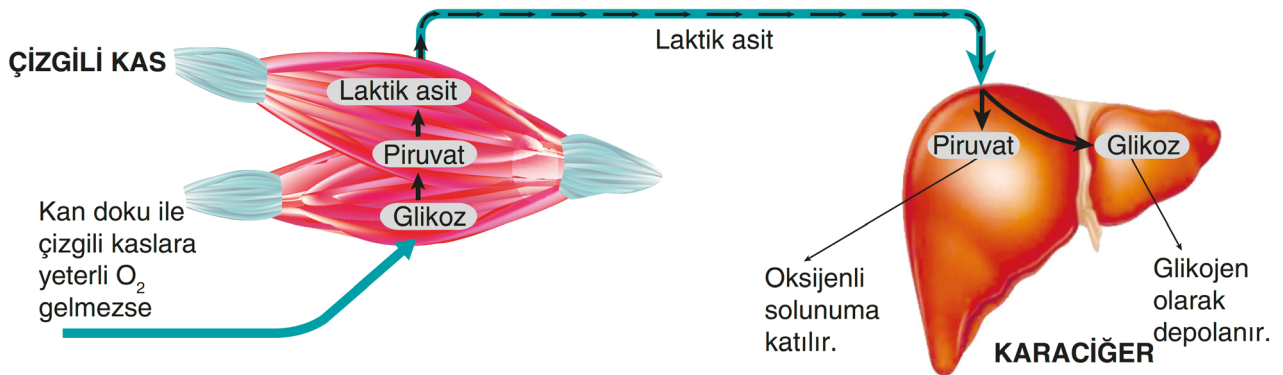
- Bazı bakterilerde ve mantarlarda, omurgalıların çizgili kaslarında ve memelilerin olgun alyuvar hücrelerinde görülür. Bunun yanında kalp kasına yeterli oksijen gelmediği durumlarda kalp kası, enerji ihtiyacını laktik asit fermantasyonu yaparak giderir.
- Glikoliz sonucu oluşan piruvatın enzimler kullanarak laktik aside dönüşmesi ile gerçekleşir.
- Laktik asit fermantasyonunda glikoz, 2 molekül piruvata kadar parçalanır. Oluşan piruvatlar, ortamdaki $2\text{NADH} + 2\text{H}^+$ moleküllerinin hidrojenlerini alarak laktik asit moleküllerine dönüşür. Bu sayede serbest kalan NAD^+ molekülleri tekrar glikoliz reaksiyonlarına katılabilir. Böylece glikoliz reaksiyonlarının devamlılığı sağlanır.
- ATP sentezi glikolizde gerçekleşir. Laktik asit fermantasyonunda etil alkol fermantasyonundan farklı olarak asetaldehit oluşumu ile karbondioksit çıkışı görülmez.



- Laktik asit fermantasyonu sonucunda 1 molekül glikozdan 2 molekül laktik asit oluşur. Glikoliz safhasında substrat düzeyinde fosforilasyonla toplam 4 ATP (net 2 ATP) sentezlenir.



- İnsanlarda çizgili kas hücreleri, yeterli oksijenin olmadığı durumlarda laktik asit fermantasyonu ile ATP üretir. Yoğun kas egzersizleri veya kas gücü gerektiren işlerin başlangıcında ATP üretmek için gerekli olan oksijen yeterli miktarda sağlanamayabilir. Bu durumda kas hücreleri laktik asit fermantasyonu da yaparak gerekli olan enerji ihtiyacını karşılar. Yoğun egzersiz hareketleri yapılması veya maç öncesi yapılan ısınma hareketleri, az miktarda laktik asidin oluşmasını sağlayarak kaslara uyarıcı etki yapar. Böylece kasların daha iyi çalışması sağlanmış olur.
- İnsanda çizgili kas hücreleri glikozu tamamen CO_2 ve H_2O 'ya parçalarken düz kas hücreleri oksijenli ortamda bile piruvattan laktik asit üretir. Ancak bu laktik asit üretimi oksijenli ortamda gerçekleştiği için araştırmacılar, bunu fermantasyon olarak kabul etmezler. Kasta biriken laktik asit bir saat içinde oksidasyon için diğer dokulara ya da glikoz ve onun depo şekli olan glikojene dönüşmek üzere karaciğere gönderilir.



- Laktik asit fermantasyonu endüstride yoğurt, peynir, turşu, boza, salamura zeytin üretiminde kullanılır. Sütten elde edilen yoğurt ve kefir, tahıllardan elde edilen tarhana ve boza, et ürünlerinden elde edilen sucuk ve pastırma, çeşitli meyve ve sebzelerden elde edilen sirke ve turşular fermente ürünlere örnek olarak verilebilir. Fermantasyon; besinleri koruma, zararlı mikroorganizmaları öldürme ve bağışıklığı güçlendirme gibi birçok biyolojik işleve sahiptir.

Etil Alkol ve Laktik Asit Fermantasyonlarının Karşılaştırılması

Etil Alkol ve Laktik Asit Fermantasyonunun Ortak Özellikleri

- Enzimatik reaksiyonlardır.
- NAD^+ koenzimi önce indirgenir sonra yükseltgenir.
- Hücrenin pH değeri düşer.
- Okaryot ve prokaryotların sitoplazmasında görülür.
- Oluşan son ürünler organik yapıdır.
- Substrat düzeyinde fosforilasyon ile ATP üretimi olur.
- Glikolizden sonra enerji üretimi ve tüketimi olmaz.
- Isı çıkışı olur.

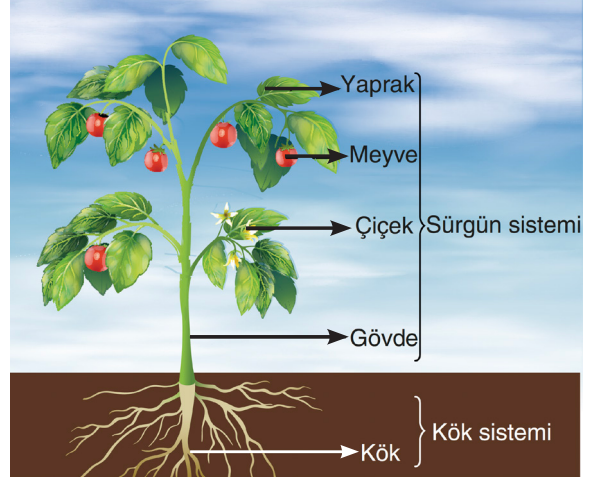
Etil Alkol ve Laktik Asit Fermantasyonunun Farklı Özellikleri

Etil Alkol Fermantasyonu	Laktik Asit Fermantasyonu
Maya mantarlarında, bazı bakterilerde, bitki tohumlarında görülür.	Yoğurt bakterisinde, yeterli O_2 gelmediğinde çizgili kas hücrelerinde, insanda olgun alyuvarlarda görülür.
Son ürün etil alkoldür.	Son ürün laktik asittir.
Son ürün 2C'ludur.	Son ürün 3C'ludur.
CO_2 oluşur.	CO_2 oluşmaz.
Asetaldehit oluşur.	Asetaldehit oluşmaz.
Son elektron (H^+) alıcı asetaldehittir.	Son elektron (H^+) alıcı piruvattır.

MERİSTEM DOKU

Çiçekli Bitkilerin Temel Kısımları

- Karasal ortama uyum sağlamış bitkilerde **toprak üstü** ve **toprak altı** olmak üzere iki organ sistemi bulunur.
- Toprak altı organ sistemine **kök sistemi**, toprak üstü organ sistemine **sürgün sistemi** denir.
- Bitkiler temel ihtiyaçlarını toprak, hava ve sudan karşılar.
- Kök sistemi; bitkiyi toprağa bağlayan, mineralleri ve suyu almasını sağlayan, hormon üreten organdır.
- Sürgün sistemi bitkinin toprak üstünde bulunan gövde, yaprak, çiçek ve meyveden oluşan kısımdır.
- Kökler besin ihtiyacını sürgün sisteminden karşılar. Sürgün sisteminin de kökten gelecek suya ve minerallere ihtiyacı vardır. Bu yüzden kök ve sürgün sistemi birbirlerine bağlıdır.

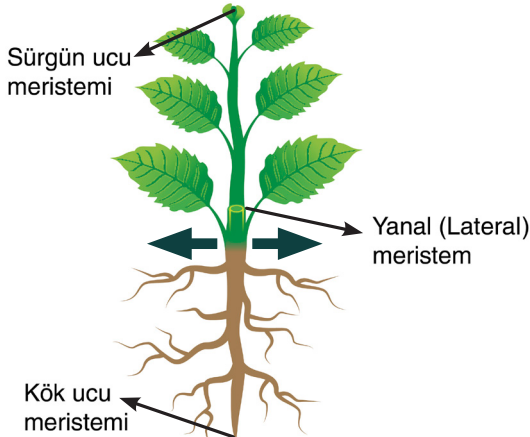


Kapalı tohumlu bir bitkinin temel kısımları

Meristem (Bölünür) Dokunun Genel Özellikleri

- Bitkilerde büyümeyi kök ve gövde uçlarındaki büyüme bölgelerinde bulunan **meristem hücreler** sağlar.
- Meristem hücreleri; canlı, bol sitoplazmalı, büyük çekirdekli ve ince çeperlidir. Bu hücrelerin metabolizmaları hızlıdır.
- Hücreleri arasında boşluk yok denecek kadar azdır.
- Koful bulundurmayan ya da küçük kofullara sahip olan hücrelerdir.
- Meristem hücrelerinin en önemli özelliği, sürekli bölünebilme yeteneğine sahip farklılaşmamış hücrelerden oluşmasıdır.
- Meristem hücreler, bitkilerde boyca uzamayı ve enine kalınlaşmayı sağlar. Bu hücrelerinin bölünmesiyle meydana gelen yeni hücreler farklılaşarak **örtü**, **temel** ve **iletim** dokularını meydana getirirken büyüme bölgelerinde mitozla yeni meristem hücreleri sürekli üretilir.
- Bitkilerde **primer** (birincil) büyüme ve **sekonder** (ikincil) büyüme olarak iki tip büyüme gerçekleşir.
- Bitkinin gövde ve köklerinin ucunda bulunan birincil meristem hücreleri primer büyümeyi sağlar. Primer büyüme, bitkinin yaşamı boyunca devam eden ve boyca uzamayla sonuçlanan büyümedir.
- Sekonder büyüme odunsu bitkilerde kök ve gövdenin kalınlaşmasını sağlayan büyümedir. Bu büyüme, ikincil meristem olarak adlandırılan hücreler tarafından gerçekleştirilir.
- Otsu bitkilerde sadece primer büyüme görülür. Odunsu bitkilerde ise primer büyüme ve sekonder büyüme aynı anda gerçekleşir.
- Meristem doku hücreleri **bulundukları yere** ve **kökenlerine** göre incelenir.

Bulunduğu Yere Göre Meristem Hücreler



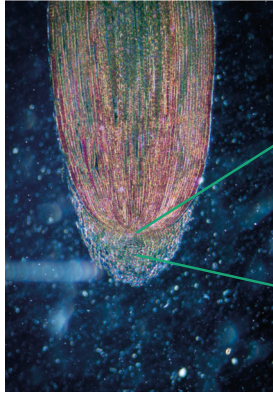
Bitkide meristem bölgeleri

Bitkinin büyümesinde, gelişmesinde **uç** (apikal) meristem ve **yanal** (lateral) meristem görev yapar.

⇒ **Uç Meristem (Apikal Meristem)**

- Uç meristem bitkinin kök, gövde, dal ucu gibi kısımlarında bulunur.
- Bitkinin boyca uzamasını sağlar.
- **Kök ucu meristemi**, kökün uzayarak toprak içinde derinlere inmesini sağlar. Böylece bitki, kökleriyle daha çok su ve mineral alır. Kök ucunda meristem hücreler, **kaliptra** (kök şapkası, yük-sük) adı verilen yapı ile korunur.

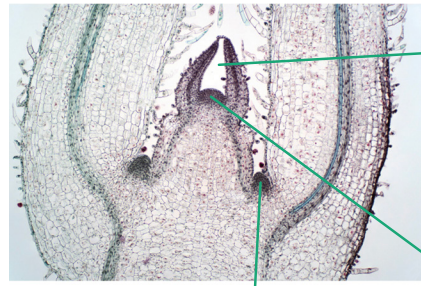
- **Sürgün ucu meristemi**, bitkide gövde uçlarında bulunur ve bitkinin gövdesinin boyuna uzamasını sağlar.
- Sürgün ucu meristemi, koruyucu embriyonik yapraklar ile sarılmıştır. Uç meristem, bu yapraklar sayesinde korunur.



Uç (apikal) meristem

Kaliptra

Kök ucunun boyuna kesitinin mikroskopik görünümü



Embriyonik yapraklar

Uç (apikal) meristem

Yanal tomurcuk meristemi

Sürgün ucunun boyuna kesitinin mikroskop görünümü

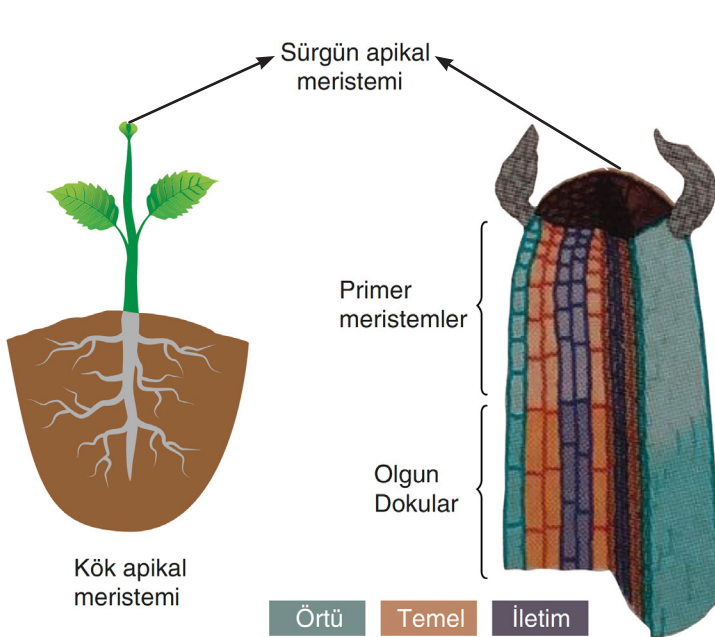
⇒ Yanal (Lateral) Meristem

- Odunsu (açık tohumlular ve çoğu çift çenekli kapalı tohumlular) bitkilerin kök ve gövdelerinde boyca uzamanın durduğu kısımlarda enine büyüme görülür.
- Bitkinin kalınlaşmasını sağlayan sekonder büyümeyi **yanal meristemler** sağlar.

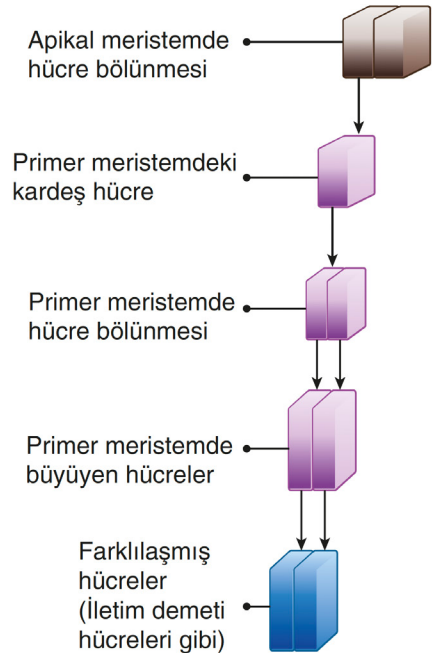
Kökenlerine Göre Meristem Hücreler

⇒ Primer (birincil) meristem

- Embriyonik dönemden beri bölünme yeteneğini kaybetmemiş hücrelerden oluşur.
- Kök ve gövde uçlarında bulunur.
- Bitkinin primer büyümesini başka bir deyişle boyca uzamasını sağlar.
- Uç meristemde farklılaşmamış hücreler bulunur. Bu hücreler bölündüklerinde bazı kardeş hücreler uç meristemde kalır ve farklılaşmamış hücrelerin sürekliliğini sağlar. Diğer kardeş hücre ise bölünür ve büyür. Sonra bu hücreler tamamen farklılaşarak **iletim doku**, **örtü doku** ve **temel doku** gibi dokuları meydana getirir.

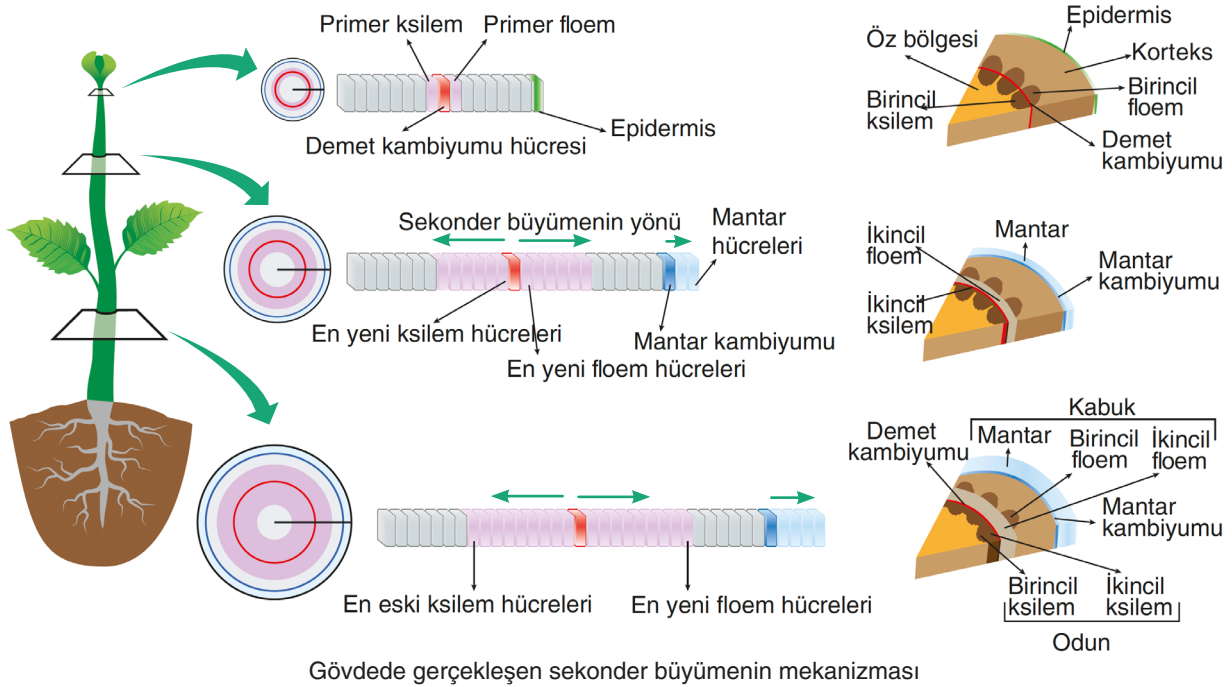


Uç meristemde gerçekleşen primer büyümenin mekanizması



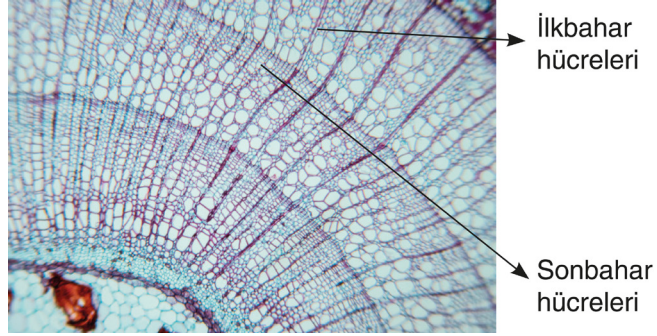
⇒ **Sekonder (ikincil) Meristem**

- Bölünme yeteneğini kaybetmiş parankima hücrelerin hormonların etkisi ile sonradan bölünme yeteneğini kazanmasıyla oluşan dokudur.
- Sonradan bölünme yeteneğini kazanan meristeme **yanal** meristem, **sekonder** meristem ya da **kambiyum** denir.
- **Demet (damar, vasküler) kambiyumu** ve **mantar kambiyumu** olarak iki çeşittir. Kambiyum, kapalı tohumlu çift çenekli bitkiler ve çam gibi açık tohumlu bitkilerde bulunur.
- Tek çenekli bitkilerde ve yapraklarda kambiyum bulunmaz.
- Demet kambiyumu, ksilem ve floem oluşmasını dolayısıyla bitkinin enine kalınlaşmasını sağlar ve sürgüne destek verir.
- Mantar kambiyumu, odunsu bitkilerde mantar dokuyu oluşturan canlı ve bölünebilme özelliğinde olan hücrelerdir.
- Mantar kambiyumunun bu faaliyeti enine kalınlaşmayı da sağlar. Sekonder büyüme nedeniyle epidermis parçalanır yerini mantar doku alır.
- Mantar doku ağaçların dış kısmında yer alır ve gövdeyi su kaybına; böcek, bakteri ve mantar saldırılarına karşı korur.



- Demet kambiyumu hücrelerinin bölünmeye başlaması sonucu bitkide yeni iletim elemanları oluşur.
- Bitkinin embriyonik gelişimi sırasında demet kambiyumu, bitkinin merkezine doğru ksilem dokuyu ve bitkinin dışına doğru floem dokuyu meydana getirir. Bu nedenle demet kambiyumu, birincil floem ile birincil ksilem arasında uzanan bir hücre tabakası şeklinde bulunur.
- Demet kambiyum hücreleri tekrar bölündüğünde içeriye doğru olan kısımda ikincil ksilem, dışarıya doğru olan kısımda da ikincil floem meydana gelir. İkincil floemin üst kısmında kortekste yer alan mantar kambiyumu da bölünerek dışarı doğru mantar dokuyu oluşturur. Böylece kök ve gövdede enine kalınlaşma gerçekleşir.
- Gövdenin çapı arttıkça mantar kambiyumunun dışında kalan dokular parçalanarak dökülür. Bu durumda mantar kambiyumu korteksin iç dokularından yeniden oluşur. Korteks tamamen ortadan kalkınca kambiyum floem parankimasi hücrelerinden oluşur. Her bir mantar kambiyumunun oluşturduğu dokular bir periderm tabakası oluşturur. Kabuk demet kambiyumu dışındaki tüm dokuları kapsar.

- Ağaçlarda demet kambiyumunun faaliyeti ile yaş halkaları meydana gelir. Ilıman bölgelerdeki çok yıllık bitkilerde enine büyüme ilkbaharda başlar, yaz boyunca devam eder ve sonbaharda oldukça yavaşlar.
- Büyüme sırasında ilkbaharda büyük ve ince çeperli hücreler, sonbaharda küçük ve kalın çeperli hücreler oluşur.



Bitki gövdesinin enine kesitine ait mikroskopik görünüm

- Üst üste yığılan bu tabakalar, enine kesitte iç içe halkalar şeklinde görülür. Odunlaşmış bitki gövdesinde sonbahar odunu (sonbahar halkası) koyu renkli, ilkbahar odunu (ilkbahar halkası) ise açık renkli görünür.



Odunlaşmış bitki gövdesinde yaş halkaları

- Bir açık ve bir koyu renkli halka, bitki için bir yıl anlamına gelir. Her yıl tekrarlanan bu halkalar (yaş halkaları) bitkinin yaşının hesaplanmasını sağlar. Ağaçtaki yıllık halka genişliği, o yıl yaşanan iklim koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. İklim koşulları ağacın büyümesi için uygunsa yaş halkası geniş, uygun değilse yaş halkaları dar olmaktadır.

TEMEL DOKU

Temel Dokunun Genel Özellikleri

- Temel doku, bitkinin örtü ve iletim dokusu dışında kalan kısımlarını dolduran dokudur.
- Kök, gövde, yaprak gibi organların tümünde bulunur.
- Depo, fotosentez, destek gibi işlevler için özelleşmiş çeşitli hücreleri içerir.
- **Parankima, kollenkima ve sklerenkima** dokuları temel doku çeşitleridir.

Parankima Dokusu

- Parankima, tüm organların yapısında bulunan doku çeşididir.
- İnce çeperli, bol sitoplazmalı ve genellikle canlı hücrelerden oluşur.
- Parankima hücrelerinin çoğu, belirli koşullar altında bölünerek diğer bitki hücresi tiplerine dönüşebilen meristemden en az farklılaşmış doku çeşididir.
- Yaralanma gibi durumlarda bölünerek yeni hücreleri oluşturur ve yaralanma bölgelerini onarabilir.
- Tek parankima hücresinden laboratuvar ortamında bütün bir bitki oluşturmak da mümkündür.
- Bitkilerde en fazla bulunan dokudur.
- Bitkilerde görevlerine göre dört çeşit parankima dokusu bulunur. Bunlar: **iletim parankiması, havalandırma parankiması, özümleme parankiması ve depo parankimasıdır.**

⇒ İletim parankiması

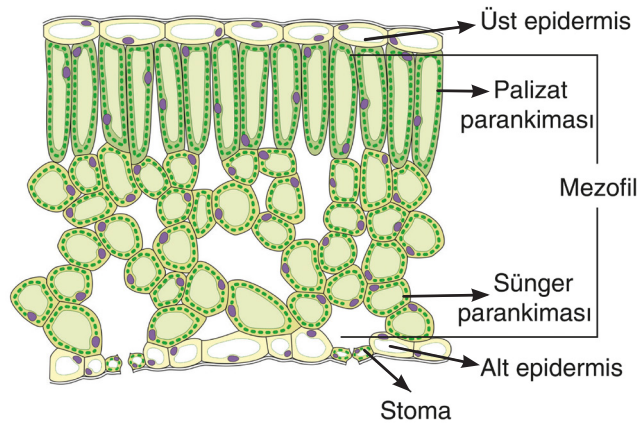
İletim demetlerinin etrafında sıralanan parankima hücrelerinden oluşur. Özümleme parankiması tarafından sentezlenen organik bileşiklerin diğer dokulara iletilmesi ve iletim sistemi aracılığı ile gelen suyun ve minerallerin fotosentez yapan hücrelere iletilmesini sağlayan parankima dokusudur.

⇒ Havalandırma parankiması

Genellikle suda ve bataklıkta yaşayan bitkilerin kök ve gövdelerinde bulunur. Çok sayıda hücreler arası boşluğa sahiptir. Bu boşluklarda hava depo edilir ve bu boşluklar bitkinin gaz alışverişinde görev alır.

⇒ Özümleme (asimilasyon) parankiması

Yapraklarda, otsu ve genç gövdelerde bulunur. Özümleme parankiması hücreleri bol kloroplast taşır. Fotosentez yaparak organik maddelerin sentezlenmesini sağlar. Mezofil olarak isimlendirilen yaprağın temel dokusu alt ve üst epidermis tabakaları arasında kalmıştır. Mezofil fotosentez için özelleşmiş parankima hücrelerinden oluşur. Palizat parankiması, üst epidermisin altında yer alan uzun ve silindirik hücrelerden oluşmuştur. Palizat parankiması hücreleri bol kloroplast içerdiğinden fotosentezin en yoğun yapıldığı yerdir. Sünger parankimasını oluşturan hücreler ise palizat parankimasına göre daha az kloroplastlıdır. Bu hücrelerin hücreler arası boşlukları daha fazladır. Sünger parankiması hücreleri yaprağın alt tarafında bulunur.



Yaprak enine kesitinde özümleme parankiması

⇒ Depo parankiması

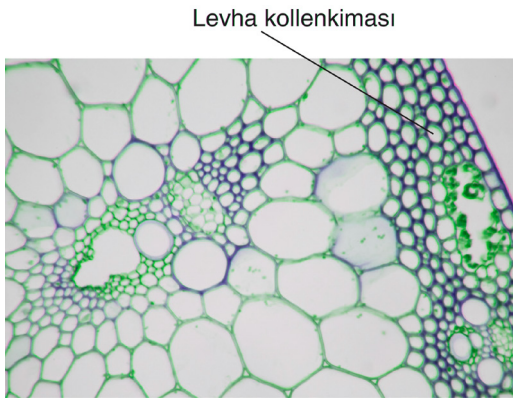
Bitkinin kök, gövde, meyve ve tohum kısımlarında bulunur. Nişasta, yağ, protein gibi besin maddelerini ya da suyu depolar. Kaktüslerde su, zeytinde yağ, fasulyede protein, patatesten nişasta depolanması bu duruma örnek olarak verilebilir.



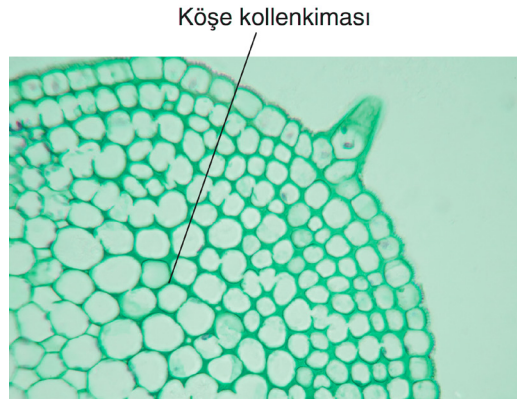
Patatesten depo parankiması

Kollenkima (Pek Doku)

- Bitkinin büyümekte olan kısımlarına destek verir.
- Çiçek ve yaprak sapında, yaprak damarlarının çevresinde, genç gövde ve sürgün kısımlarında bulunur ve bu kısımlara mekanik destek sağlar.
- Canlı bir dokudur.
- Kollenkima hücrelerinin çeper kalınlığı parankima hücrelerinden fazladır. Hücre çeperlerinde selüloz ve pektin birikmesi nedeniyle kalınlaşmalar meydana gelmiştir.
- Kalınlaşmalar, hücrelerin teğetsel çeperlerinde görülür ve lameller oluşursa bu kalınlaşmaya **levha kollenkiması**; hücre çeperinin sadece köşe bölgelerinde oluşursa **köşe kollenkiması** adını alır.



Levha kollenkiması



Köşe kollenkiması

Sklerenkima (Sert Doku)

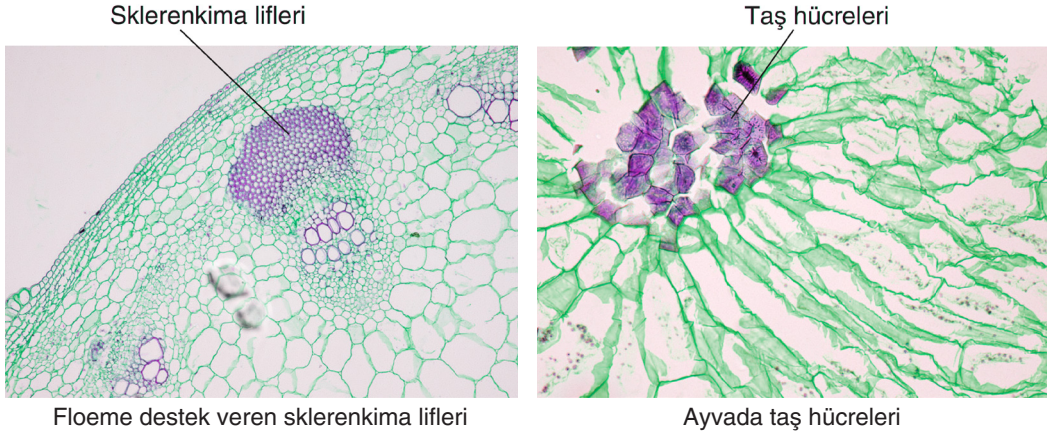
- Bitkinin büyümeyi tamamlamış, olgunlaşmış organlarında bulunur. Bu doku hücreleri selüloz ve bol miktarda lignin (odun özü) biriktirir. İlk oluştuğunda canlı olan bu doku, hücrelerinin çeperlerinde lignin birikmesi nedeniyle canlılığını yitirir.
- Sert çeperleri sayesinde bitkiyi destekler. Kollenkima hücrelerine göre çok daha serttir.
- Sert doku, **sklerenkima lifleri** ve **taş hücreleri** olmak üzere iki çeşittir.

⇒ Sklerenkima lifleri

Bitkide gövde ve meyve kabuğunda, yapraklarda veya tohumlarda bulunabilir. Lifler uzun, ince ve kapalı uçludur. Gerilme ve darbelere karşı dirençlidir. Bitkiye destek sağlar. Örneğin keten lifleri ise dokuma sanayinde ticari amaçlı kullanılmaktadır.

⇒ **Taş hücreleri**

Küçük, düzensiz şekilli ve ölü hücrelerdir. Taş hücreleri, kalın ve odunlaşmış çeperlere sahiptir. Bitkide tek tek ya da gruplar hâlinde bulunabilir. Armut, ayva gibi meyvelerin etli kısımlarında; ceviz, fındık gibi sert kabuklu meyvelerin kabuğunda bol miktarda taş hücresi bulunur.

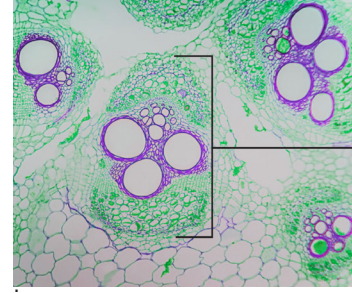
**Kollenkima ve Sklerenkima Hücrelerinin Karşılaştırılması**

Kollenkima	Sklerenkima
Canlı hücrelerden oluşur.	Ölü hücrelerden oluşur.
Sitoplazma ve çekirdekleri vardır.	Sitoplazma ve çekirdekleri yoktur.
Esnektir. Gerilme, kıvrılma ve uzayabilme özelliğine sahiptir.	Sklerenkima lifleri hariç uzama, bükülme ve esneme yetenekleri yoktur.
Hücre duvarları selüloz ve pektin birikimi ile kalınlaşmıştır.	Hücre duvarları selüloz ve lignin birikimi ile kalınlaşmıştır.
Bitkide uzaması devam eden ve gelişen çiçek sapında, yaprak sapında, gövde ve sürgünlerin genç kısımlarında bulunur.	Daha çok bitkinin büyümesi sona ermiş kısımlarında görülür. Ceviz ve fındık kabuğunda, şeftali gibi meyvelerin çekirdeklerinde bulunur.
Hücre çeperlerinin kalınlaştığı bölgelere göre iki çeşittir: - Köşe kollenkiması - Levha kollenkiması	İki çeşittir: - Sklerenkima lifleri - Taş hücreleri

İLETİM DOKU

İletim Dokunun Genel Özellikleri

- Bitkilerde organik ve inorganik maddelerin taşınmasını gerçekleştiren dokudur.
- Bitkinin yapraklarında fotosentez sonucu oluşan organik besin maddelerinin yapraklardan köklere taşınmasını, kökleriyle alınan su ile minerallerin ise toprak üstü organlara ve yapraklara doğru taşınmasını iletim doku gerçekleştirir.
- İletim doku, **ksilem (odun borular)** ve **floem (soymuk borular)** olmak üzere iki kısımdan oluşur.
- Ksilem ve floem dokuları genellikle birlikte bulunur ve iletim demetini meydana getirir.



İletim demeti

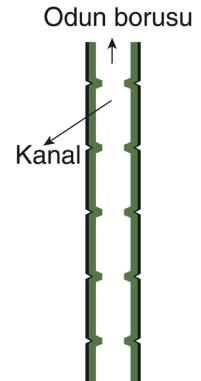
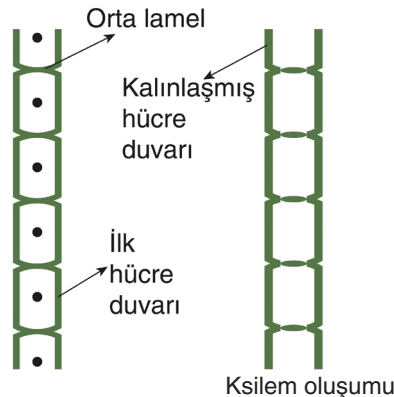
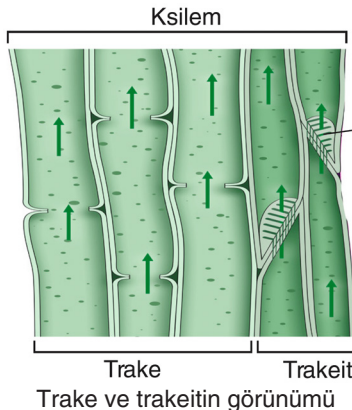
İletim demetinin mikroskopik görünümü

Ksilem (Odun Boruları)

- Ksilem, topraktan alınan su ve suda çözünmüş minerallerin ve kökte sentezlenen bazı hormonların gövde, yaprak gibi bitkinin sürgün sisteminde yer alan kısımlarına taşınmasını sağlar.
- Ksilem dokusu; **ksilem sklerenkiması** (sklerenkima lifleri), **ksilem parankiması**, **trakeit** ve **trake borularından** oluşur.
- Ksilem borularının etrafında bulunan ksilem parankima hücreleri çeşitli besin maddelerinin depolanmasında, ksilem sklerenkima hücreleri ise destek sağlamada görev yapar.
- Ksilemin asıl hücreleri olan trake ve trakeit, bitkide uzamanın durduğu kısımlardaki hücrelerin farklılaşması ile meydana gelir.
- Trake ve trakeit, başlangıçta üst üste dizilmiş canlı meristem hücrelerdir. Bu canlı hücreler, zamanla çekirdeklerini ve sitoplazmalarını kaybederek canlılıklarını yitirir.
- Üst üste dizilmiş hücrelerin boyuna çeperleri, **lignin** birikimiyle giderek kalınlaşır. Hücrelerin birbirine bakan enine çeperleri ise eriyerek kaybolur. Bu değişimler, üst üste dizilmiş hücrelerin içinde madde iletimi için uygun olan içi boş odun borularını meydana getirir.
- Trakeitler uçları kapalı, uzun ve ince hücrelerdir. Asıl görevi su iletimi olmasına rağmen bitkiye destek sağlama görevini de yapar.
- Trakeler trakeitlere göre daha geniş, daha kısa ve daha ince çeperlidir. Uç kısımları daha az sivri olan hücrelerdir.
- Trake ve trakeit hücrelerinin çeperlerinde **geçit** denen kalınlaşmamış, yer yer kesintiler olan ince bölgeler vardır.
- Su, bir hücreden diğerine geçitlerden geçerek taşınır. Su ve suda çözünmüş maddeler geçitler sayesinde aşağıdan yukarıya doğru ve yanal olarak taşınır.
- Trakelerin uç çeperleri deliklidir ve suyun odun boruları içinde akmasına izin verir. Bu hücreler canlılığını kaybettiği için ksilemde madde taşınması hızlı gerçekleşir.

Bunun nedenleri;

- ⇒ taşınma sırasında **enerji harcanmaması**,
- ⇒ taşınmanın **tek yönlü** olması,
- ⇒ hücreler arasındaki **orta lamellerin tamamen erimiş** olmasıdır.

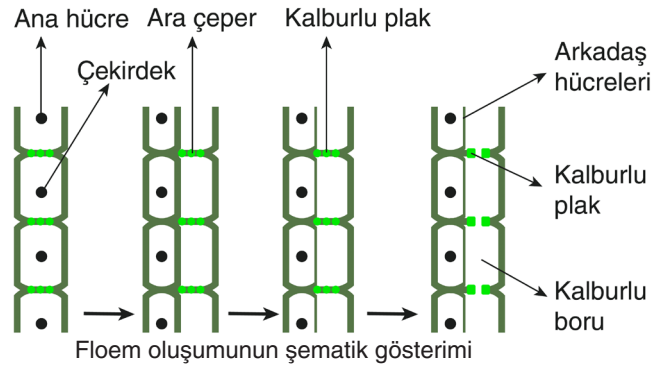


Floem (Soymuk Boruları)

- Floem, bitkide fotosentez ürünü olan organik bileşikler üretildikleri yerden bitkinin kök, gövde, tohum ve meyve gibi kısımlarına taşır.
- Kökte sentezlenen azotlu organik molekülleri yapraklara ve bitkinin diğer kısımlarına taşır.
- Floem (soymuk boruları); **kalburlu boru elemanları**, **arkadaş hücreleri**, **floem parankiması** ve **floem sklerenkiması** olmak üzere dört hücre tipinden oluşur.
- Floemin asıl hücreleri, kalburlu borular ve arkadaş hücreleridir.
- Floem parankiması, besinlerin depo edildiği hücrelerdir.
- Floem sklerenkiması bitkiye destek sağlamada görev yapar.
- Kalburlu boru elemanları, ince çeperli ve canlı hücrelerdir. Üst üste dizili hücreler işlevsel olgunluğa eriştiğinde çekirdeği, ribozomları, belirgin kofulları ve hücre iskeletlerini yitirir.
- Kalburlu borular canlıdır ancak çekirdeklerini kaybettiklerinden metabolik faaliyetlerini uzun süre devam ettiremez. Komşu hücrelerin enine çeperleri yer yer eriyerek kalbur şekli alır. Oluşan bu yapıya **kalburlu plak** denir. Kalburlu plakta bulunan porlar sıvı akışını kolaylaştırır.
- Kalburlu boru elemanları, uç uca eklenerek kalburlu boru denen sütun oluşturur. Arkadaş hücreleri, kalburlu boru elemanının yanında bulunur ve ilettime katılmaz. **Plazmodezm** adı verilen çok sayıda kanalla kalburlu boru elemanına bağlanır.
- Floem borularında besin maddelerinin taşınması çift yönlüdür. Ancak bir boruda aynı anda çift yönlü taşınım gerçekleşmez. Dal ve yaprakların gövdeye bağlandığı noktalardan yanlara doğru da iletim yapılır.
- Floemde taşıma ksilemdeki taşımaya göre daha yavaş gerçekleşir.

Bunun nedenleri;

- ⇒ enerji harcanması,
- ⇒ iletimin çift yönlü olması,
- ⇒ hücreler arası çeperlerin tam olarak erimemiş olmasıdır.



Ksilem ve Floem Karşılaştırması

Ksilem (Odun Boruları)	Floem (Soymuk Boruları)
Ölü hücrelerden oluşur.	Canlı hücrelerden oluşur.
Hücrelerinde çekirdek ve sitoplazması yoktur.	Hücre çekirdeği ve sitoplazması vardır. (Kalburlu boru hücrelerinde sadece sitoplazma bulunur.)
Çeperleri lignin birikimi ile kalınlaşır.	Hücre çeperleri kalınlaşmamıştır.
Trake ve trakeitlerden oluşur.	Kalburlu boru ve arkadaş hücrelerinden oluşur.
Merkeze yakın olup kambiumun içe doğru oluşturduğu iletim doku elemanıdır.	Kabuğun iç yüzeyine yakın olup kambiumun dışa doğru oluşturduğu iletim doku elemanıdır.
Köklerle alınan suyu ve mineralleri (inorganik maddeleri) gövdeye ve yapraklara taşır.	Yaprakta oluşan besinleri, organik maddeleri köklere; köklerde üretilen amino asitleri gövde ve meyveye taşır.
Taşıma aşağıdan yukarıya doğru tek yönlüdür. Yanal taşınım vardır.	Taşıma; aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağıya doğru olmak üzere çift yönlüdür. Yanal taşınım vardır.
Taşıma hızlıdır.	Taşıma yavaştır.
Madde taşınması pasif taşıma ile gerçekleşir.	Madde taşınması pasif ve aktif taşıma ile gerçekleşir.
Aralarındaki hücre duvarları tamamen erimiş, boru şeklini almıştır.	Aralarında hücre duvarları tamamen erimediği için kalburlu (delikli) görünür.
Bitkiye mekanik destek sağlar.	Bitkiye mekanik destek sağlar.

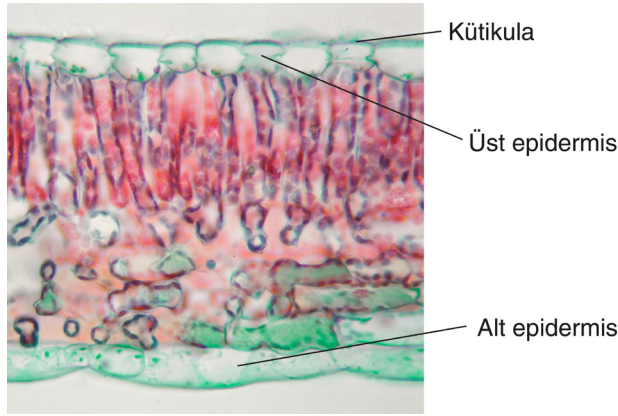
ÖRTÜ DOKU

Örtü (Koruyucu) Dokunun Genel Özellikleri

- Bitkinin tüm yüzeyini örten, bitkiyi çevresel etkilere karşı koruyan, su kaybını engelleyen dokudur.
- Bitkiyi, böcek gibi canlılara ve mekanik etkilere karşı koruyarak ilk savunma hattını oluşturur.
- **Epidermis** ve **peridermis** (mantarlaşmış doku) olarak iki kısımda incelenir.

Epidermis

- Otsu ve çok yıllık bitkilerin genç olan kök, gövde, yaprak gibi organlarının dış yüzeyini örten doku epidermis olarak isimlendirilir.
- Epidermis hücreleri büyük kofullu, az sitoplazmalı ve canlı hücrelerdir.
- Kloroplast içermez bu yüzden fotosentez yapmaz.
- Genellikle tek sıralı hücre tabakasından oluşur ve hücreler arasında boşluklar bulunmaz.



Yaprağının enine kesitinde alt ve üst epidermis tabakası

- Epidermis hücrelerinden salgılanan kütin denen mumsu maddenin hücrelerin dış çeperlerinde birikmesiyle **kütikula tabakası** meydana gelir. Bitki kökünde kütikula tabakası bulunmaz. Saydam ve mumsu olan bu tabaka hücreSEL bir yapı değildir. Kütikula tabakası ışığı geçirir ancak su geçirgenliği çok azdır. Su kaybına, mekanik etkilere, güneşin zararlı ışınlarına ve parazit canlıların saldırılarına karşı bitkiyi korur. Kalınlığı bitkinin yaşadığı bölgeye göre değişir. Kütikula tabakası kurak bölge bitkilerinde su kaybını azaltmak için kalın, nemli bölge bitkilerinde ise incedir.
- Epidermis hücreleri farklılaşarak **stoma** (gözenek), **tüy**, **emergens** (diken) ve **hidatot** (su savağı) denilen yapıları oluşturur.

⇒ **Stoma (Gözenek)**

Bitkinin yapraklarında ve genç bitki gövdelerinde epidermisin farklılaşmasıyla oluşan canlı hücrelerdir.

- ➡ Stoma hücreleri kloroplast taşıdığı için fotosentez yapar.
- ➡ Bitkilerin toprak altı kısımlarında stoma bulunmaz.
- ➡ Kurak ortam bitkilerinde su kaybını azaltmak için stomalar az sayıda ve genellikle yaprağın alt yüzeyinde bulunur.
- ➡ Stomalar nemli ortam bitkilerinde çok sayıda ve yaprağın her iki yüzeyinde, su bitkilerinde ise yaprağın üst yüzeyinde çok sayıda bulunur.
- ➡ Su bitkilerinin su içinde kalan kısımlarında stoma bulunmaz.

Stomaların görevi, bitkinin gaz alışverişini ve terlemesini sağlamaktır. Terlemeyle su kaybına neden olarak ısı düzenlenmesini sağlar. Açılıp kapanarak terleme sonucu oluşan su buharını dışarı atar. Su, stomalardan gaz şeklinde atıldığından mineral ve tuz atılımı olmaz.



Telgraf çiçeğindeki stomalar

Solunum sırasında havadan oksijen alınması ve oluşan karbondioksitin dışarı verilmesi stomalar ile gerçekleşir.

Fotosentezde gerekli olan karbondioksitin atmosferden alınması ve oluşan oksijenin dışarı verilmesi yine stoma ile sağlanır.

Stomalar çoğu bitkide gündüz açık, gece kapalıdır. Stoma şekilleri bitki türlerine göre değişiklik göstermekle birlikte genel olarak aynı kısımları içerir. Stoma, stoma açıklığı ve onu kuşatan bekçi hücrelerinden meydana gelir. Bekçi hücrelerinin çevresindeki epidermis hücreleri de **komşu hücreler** adını alır. Bekçi hücrelerinin stoma açıklığına bakan iç çeper bölgeleri dış çeperlerden daha kalındır.

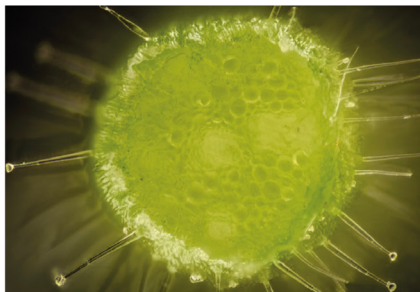
⇒ Tüy

Tüyler, epidermis hücrelerinin dışı doğru gelişmesiyle meydana gelen çıkıntılardır.

- ⇒ Tüy hücreleri, epidermis hücreleri gibi kloroplastsızdır.
- ⇒ Bir ya da birden fazla hücreden oluşabilir.
- ⇒ Tüylerin örtü, savunma, salgı, tırmanma, emme gibi farklı görevleri vardır.
- ⇒ Bitkide bulunan örtü tüyleri, güneş ışığını geri yansıtır ve bitkinin aşırı şekilde ısınmasını engeller.
- ⇒ Bitkideki salgı tüyleri, hoş kokulu ve uçucu maddeler salgılar.
- ⇒ Genelde çiçeklerde bulunan bu salgılar tozlaşma olayında etkilidir. Salgı tüyleri nane, sardunya vb. bitkilerde bulunur.
- ⇒ Kök emici tüyleri, kökün yüzey alanını artırarak topraktan daha fazla su ve mineral emilimini sağlar.
- ⇒ Tırmanma tüyleri, sarmaşık gibi bitkilerde tutunmayı sağlar.
- ⇒ Isırgan otu bitkisinde bulunan tüyler savunmayı sağlar. Bu bitkinin savunma tüyünden yakıcı bir madde salgılanır. Yakıcı madde bitkiyi hayvanlara karşı korur.



Örtü tüyleri



Salgı tüyleri



Emici tüyler

⇒ **Hidatot (su savağı)**

- Atmosfer neminin fazla ve terleme hızının düşük olduğu zamanlarda bitkideki fazla suyun atılmasını sağlayan, yaprak kenarlarında bulunan açıklıklara **hidatot** denir. Çilek, çimen gibi bazı otsu bitkilerde görülür.
- Hidatotlar, stomalar gibi açılıp kapanmaz.
- Bitkideki fazla su, hidatotlardan gutasyon (damlama) yoluyla sıvı hâlde dışarı atılır.
- Hidatotlar, ksilem borularıyla bağlantılıdır. Damlama olayı gerçekleştiğinde suyla beraber bir miktar mineral ve tuz da bitkiden atılır.
- Gutasyon sıvısı, yoğunlaşmış atmosferik nemi oluşturan çiğ ile karıştırılmamalıdır.



Hidatotlarda gutasyon



Gül bitkisinde emergens

⇒ **Emergens (diken)**

- Bitkilerin hayvanlara karşı korunmasını ve savunmasını sağlayan diken şeklindeki çıkıntılardır.
- Emergensler yalnız epidermisten farklılaşan yapılar değildir. Epidermis ve epidermis altı hücrelerin yapılarına katılmasıyla oluşur. Örneğin gül bitkisinde emergensler epidermis ile korteksten gelişir ve iletim demeti içermez. Gövdeden (akasya) ve yapraklardan (kaktüs) farklılaşmış dikenler iletim demetleri içerir.

Periderm (Mantar Doku)

- Çok yıllık odunsu bitkilerin kök ve gövdelerinde epidermisin yerini periderm adlı örtü doku alır.
- Mantar kambiyumu, mantar doku ve parankima hücreleri** peridermi oluşturur.
- Mantar kambiyumu tarafından üretilen mantar hücreleri, süberin denen mumsu maddeyi çeperlerinde biriktirir ve ölür.
- Mantar dokusu bitkiyi mekanik etkilerden ve hastalık yapıcı patojen canlılardan korur. Ayrıca süberin su kaybına karşı da bitkiyi korur. Peridermde lentisel (kovucuk) adı verilen açıklıklar oluşur.



Odunsu gövdedeki lentiseller

⇒ **Lentisel (kavucuk)**

- Gövde yüzeyinde ince yarıklar veya kabartılar şeklinde bulunur.
- Gövdede, dallarda ve bazı meyvelerin kabuk yüzeyinde bulunan lentiseller, odunsu bir gövde veya kökteki canlı hücrelerin dış ortamla gaz alışverişini yapmalarını sağlar. Az da olsa gaz hâlinde su kaybına neden olur.

Stoma, Lentisel ve Hidatotun Karşılaştırılması

Stoma	Hidatot	Lentisel
Epidermis farklılaşması ile oluşur.	Epidermis farklılaşması ile oluşur.	Peridermis farklılaşması ile oluşur.
Canlıdır.	Canlıdır.	Cansızdır.
Yaprak ve otsu gövdede bulunur.	Yaprakların kenarlarında ve uçlarında bulunur.	Çok yıllık bitkilerin odunsu gövdelerinde ve bazı meyvelerin kabuk yüzeyinde bulunur.
Kloroplast içerir ve fotosentez yapar.	Kloroplast içermez ve fotosentez yapmaz.	Kloroplast içermez ve fotosentez yapmaz.
Açılıp kapanabilir.	Daima açıktır.	Daima açıktır.
Su ve karbondioksit atar.	Minerali su atar.	Sadece su atar.
Suyu gaz hâlinde atar (Terleme/Transpirasyon).	Suyu sıvı hâlde atar (Damlama/Gutasyon).	Suyu gaz hâlinde atar (Terleme/Transpirasyon).

KÖK

Kökün Genel Özellikleri ve Çeşitleri

Genellikle bitkinin toprak altında kalan kısmıdır. Tohumun çimlenmesi sırasında oluşan ilk yapıya **radikula** (kök taslağı), radikulanın gelişimi ile ortaya çıkan ilk köke **ana kök** denir. Ana kökün dallanmasıyla **yan kökler** oluşur.

Kökün temel görevleri;

- bitkiyi toprağa bağlamak,
- topraktan su ve mineralleri alarak bitkinin diğer kısımlarına taşınmasını sağlamak,
- besin maddelerini depolamak,
- destek sağlamak,
- bazı bitki hormonlarını sentezlemektir.

Bitkilerde başlıca iki tip kök sistemi bulunur. Bunlar **kazık kök** ve **saçak köktür**.

Kazık kök

- ⇒ Dikey yönde çok iyi gelişmiş tek ana kök vardır.
- ⇒ Ana kökten çıkan çok sayıda ve az gelişmiş yan kökler bulunur.
- ⇒ Kazık kök; elma, çam, söğüt, gül, havuç, şeker pancarı, lahana, bakla, gelincik, papatya, bamya, fasulye gibi bitkilerde bulunur.

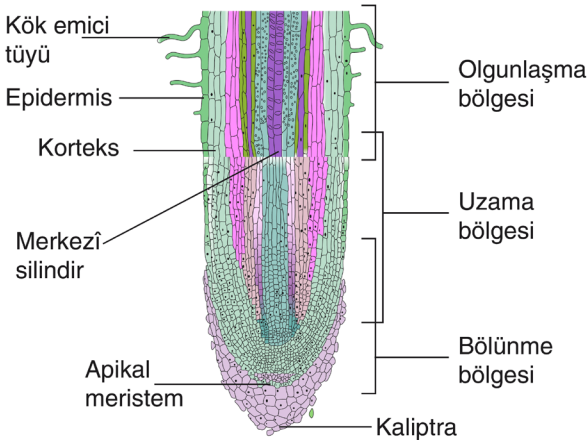


Saçak kök

- ⇒ Ana kök gelişmemiştir. Bu kök tipinde genelde toprak yüzeyine yakın yerlerde dallanmış çok sayıda ince, uzun kökler bulunur.
- ⇒ Toprağa iyice yayılarak bitkinin sıkıca tutunmasını sağlar. saçak kök sistemi, toprağı sıkıca tutarak erozyona karşı bitkilerde bulunur.
- ⇒ Saçak kök; soğan, buğday, arpa, yulaf, mısır, pırasa gibi bitkilerde bulunur.

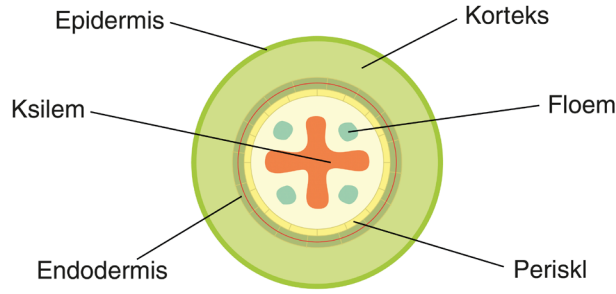


Kökün Yapısı



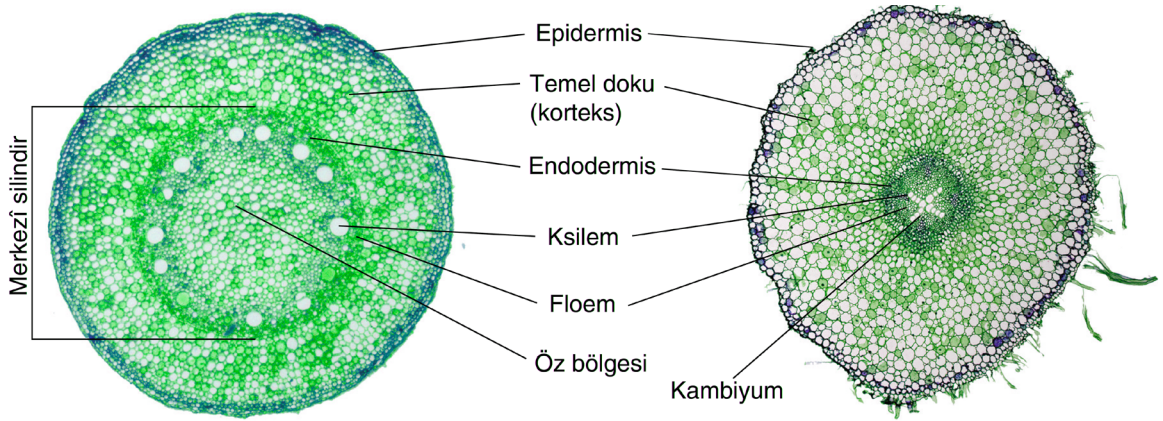
Kökün boyuna kesitinde net sınırlarla ayrılmayan hücre bölünme bölgesi, uzama bölgesi ve olgunlaşma bölgesi olarak adlandırılan üç bölge vardır.

- ⇒ Hücre bölünme bölgesinde primer meristem hücreleri bulunur. Yeni kök hücreleri ve kaliptra hücreleri bu kısımda üretilir. Kaliptra, kökün toprak içinde büyümesi sırasında kök ucunu korur. Ayrıca büyümekte olan kök ucu, çevresindeki toprağı gevşeten kaygan bir madde salgılayarak kökün toprak içinde rahat uzamasını sağlar.
- ⇒ Uzama bölgesi, hücre uzamasının görüldüğü bölgedir. Buradaki hücreler bölünmez. Uç meristem hücrelerinin bölünerek oluşturduğu yeni hücreler hızla dikey yönde büyür. Böylece kökün uzaması gerçekleşir.



Çift çenekli bitki kökünün olgunlaşma bölgesinden alınan enine kesitte görülen temel yapılar

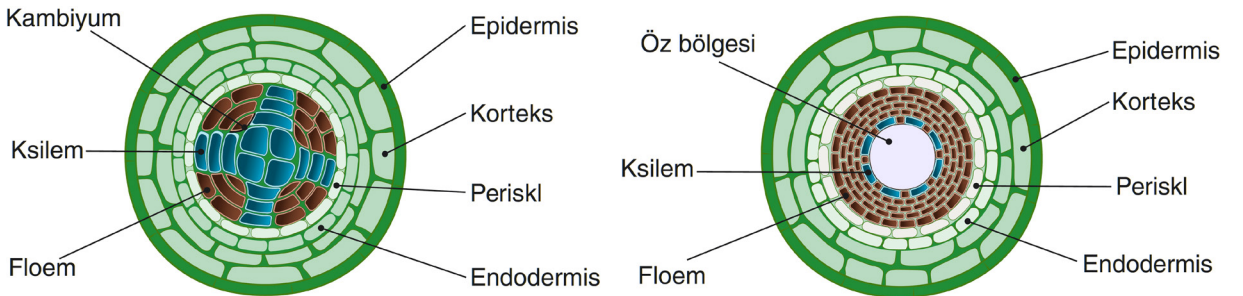
⇒ Olgunlaşma bölgesindeki hücreler, farklılaşarak değişik hücre tiplerine dönüşür. Olgunlaşma bölgesinde en dış tabakadaki hücreler epidermis (örtü) tabakası olarak farklılaşır. En içteki hücreler ise ksilem ve floemden oluşan merkezî silindiri oluşturur. Merkezî silindir ile epidermis arasında kalan hücreler ise temel doku olarak farklılaşır.



Tek çenekli otsu bitki kökü

Çift çenekli otsu bitki kökü

Tek çenekli otsu ve çift çenekli otsu bitkilerin kökünün enine kesitinin mikroskopik görünümü



Çift çenekli bitki kökünde açık iletim demeti

Tek çenekli bitki kökünde kapalı iletim demeti

GÖVDE

Gövdenin Genel Özellikleri ve Çeşitleri

- Gövde, bitkinin toprak üstünde kalan sürgün sistemidir.
- Görevleri,
 - ⇒ Yaprak, çiçek, yan dallar, meyve, tomurcuk gibi kısımları taşımak, bu kısımları desteklemektir.
 - ⇒ Kökler ile alınan su ve minerallerin en uçtaki yapraklara kadar iletilmesini sağlamaktır.
 - ⇒ Fotosentez sonucu sentezlenen besini bitkinin diğer organlarına iletmektir.
 - ⇒ Bazı bitkilerin gövdeleri depolama, tırmanma, eşeysiz üreme vb. görevleri yapabilmek için özelleşmiştir.
- Tohumlu bitkilerde **otsu** ve **odunsu** olmak üzere iki çeşit gövde vardır.
- Otsu gövdelerde boyca büyüme görülür. Bazı otsu gövdeler hariç genelde enine kalınlaşma gerçekleşmez. Odun ve kabuk yapıları bulunmaz. Otsu gövdeli bitkiler tek çenekli ya da çift çenekli olabilir. Tek çenekli bitkilerden buğday, lale, zambak, mısır, çim otsu gövde yapısındadır. Papatya, ayçiçeği, bezelye gibi bitkiler ise çift çenekli otsu bitki örnekleridir.



Çimde tek çenekli otsu gövde



Papatyada çift çenekli otsu gövde

- Odunsu gövdeler ise kalın yapılıdır ve koruyucu bir kabuk bulundurur. Çift çeneklilerin çoğunda odunsu gövde vardır. Odunsu gövdeli bitkilerde hem enine hem de boyuna büyüme görülür. Enine büyüme sonucunda gövdede yaş halkaları meydana gelir. Elma ağacı, kayısı ağacı odunsu gövdeye sahip çift çenekli bitkilere örnektir.
- Bazı bitkilerin gövdeleri farklı görevleri yapmak için özelleşmiştir. Örneğin patates besin depo eden yumru gövdeye, çilek sürünücü gövdeye, asma sarılıcı (sülük) gövdeye, kaktüs ise su depo eden depo gövdeye sahiptir.



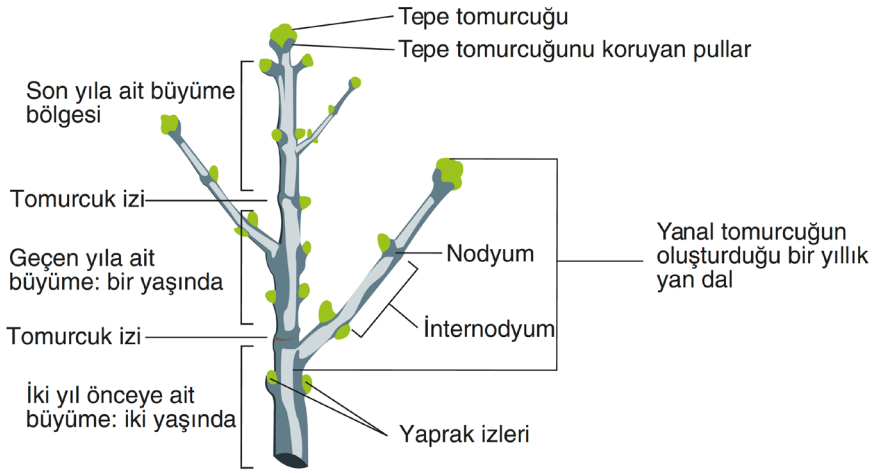
Elma ağacında odunsu gövde



Patates besinlerini yumru gövdede depolar.

Gövdenin Yapısı

- Koruyucu pullarla kuşatılmış olan **tepe tomurcuğu** sayesinde gövde boyuna uzar. İlkbaharda tepe tomurcuğunu koruyan pullar dökülür ve yeni bir primer büyüme başlar. Tepe tomurcuğu, bir yıl büyüdüktan sonra koruyucu pullarla yeniden kaplanır. Bu oluşan pulların izleri, **tomurcuk izi** olarak halkalar şeklinde gözlemlenebilir.
- İki tomurcuk izi arasındaki boyca uzama bölgesi bir yıllık boyuna uzama bölgesini oluşturur.
- Bitkinin gövdesi üzerinde yaprağın bağlandığı noktaya nodyum (düğüm), iki nodyum arasında kalan bölgeye de **internodyum** (düğümler arası bölge) denir.

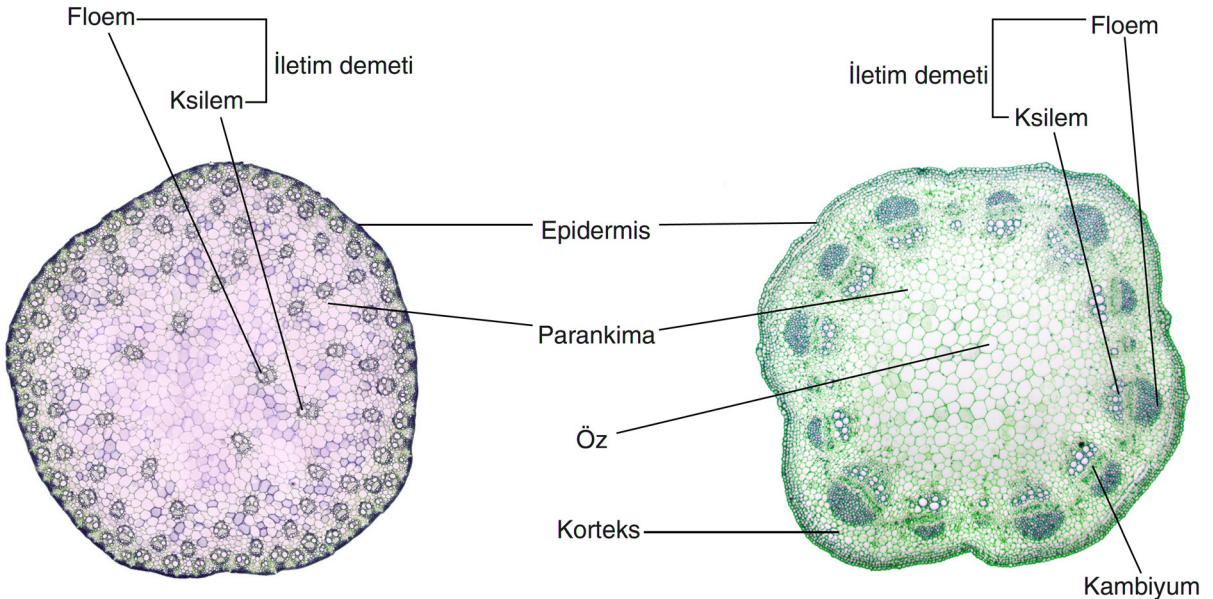


Bitki gövdesinde bulunan yapılar ve büyüme noktaları

- Yaprak sapının gövdeye bir açı oluşturarak bağlandığı bölgede çiçek, dal veya yaprak verebilecek **yanal tomurcuk** (koltuk altı tomurcuğu) bulunur. Yanal tomurcukta bulunan meristemlerin bölünmesiyle gövdede yaprak taşıyan dallar oluşur. Sonbahar başlarında nodyumda bulunan yapraklar dökülür ve burada yaprak izi oluşur.
- Gövde üzerindeki tomurcukların faaliyetleri mevsime bağlıdır. Koşullara göre tomurcukların bir kısmı aktifken bir kısmı pasif kalır ya da uyur. Tomurcukların uyku hâlinde kalmasına **apikal dormansi** adı verilir.
- İletim demetlerinin gövdedeki yerleşimi tek çenekli ve çift çenekli bitkilerde farklıdır.
- Tek çenekli bitkilerin gövdesinde kambiyum dokusu olmadığı için iletim demetleri dağınık hâldedir ve bu bitkiler enine büyümmez.
- Çift çenekli bitkilerin gövdesinde iletim demeti, kambiyum etrafında düzenli olarak sıralanmıştır.
- Kambiyumun dış kısmında floem, iç kısmında ksilem bulunur. Çift çenekli bitkilerin gövdesinde **korteks** ve **öz bölgesi** bulunur. Çift çenekli bitkilerde gövdedeki kambiyum gelişimi, primer ksilem ve primer floem arasında başlar. Her yıl belirli mevsimlerde hücre bölünmeleriyle **yeni odun** (sekonder ksilem) ve **soymuk borularını** (sekonder floem) oluşturur.
- Kambiyum, sürekli olarak sekonder ksilem ve sekonder floem eklemesi yaparak enine kalınlaşmayı sağlar.



Yanal tomurcuk



Tek çenekli ve çift çenekli bitkilerde gövde enine kesitinde görülen yapılar

YAPRAK

Yaprağın Genel Özellikleri ve Çeşitleri

- Yaprak; bitkilerde fotosentez, terleme ve gaz alışverişinin gerçekleştiği organdır.
 - Bazı bitki türlerinde destek, koruma, depolama gibi işlevleri de vardır.
 - Bazı çok yıllık bitkilerde yapraklar sonbaharda dökülür. Yaprak hücrelerinde kofulda biriktirilen atık maddeler, yaprakların dökülmesiyle bitkiden uzaklaştırılır ve boşaltım olayı gerçekleşmiş olur.
 - Farklı bitki türlerinde farklı yaprak şekilleri vardır.
- ⇒ Yaprak, parçalanmamış tek yaprak ayasından oluşursa **basit yaprak** adını alır.



⇒ İki veya daha fazla sayıda küçük yaprakçıktan oluşursa **bileşik yaprak** adını alır.

- Yapraklarda iletim demetleri çeşitli şekillerde dallanarak yaprak damarlarını oluşturur. Damarlanma tek çenekli ve çift çenekli bitki yapraklarında farklıdır.
- Tek çenekli bitkilerin yapraklarında paralel damarlanma görülür. Bu damarlanmada kalın bir orta damara paralel uzanan yan damarlar vardır.



Mısır yaprağında paralel damarlanma

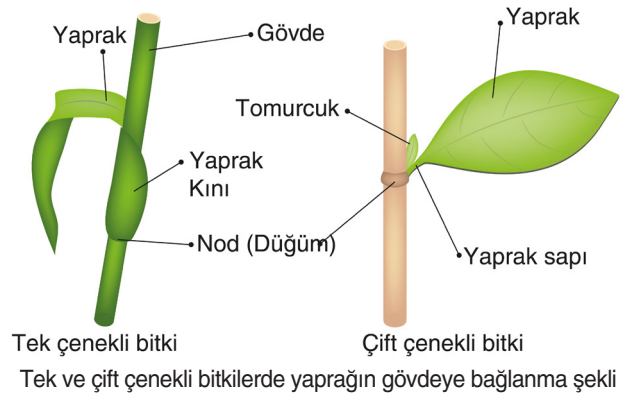


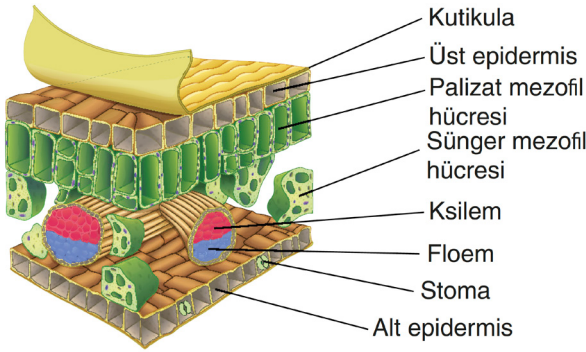
Asma yaprağında ağsı damarlanma

- Çift çenekli bitkilerde ise genel olarak damarlar bir ağ sistemi oluşturur. Bu damarlanma yaprak ayasının ana damarından (orta damar) çıkan ve çok fazla dallanarak ince kollara ayrılmış damarlar şeklindedir.

Yaprağın Yapısı ve Yaprığın Enine Kesiti

- Genel olarak yaprak, **yaprak sapı** ve **yaprak ayasından** oluşur.
- Yaprak sapı, yaprağı gövdedeki nodyuma bağlar. Gövdeden gelen iletim demetlerinin yaprağa geçişini sağlar. Yaprak sapı genellikle çift çenekli bitkilerde bulunur. Arpa, buğday vb. tek çenekli bitki türlerinde yaprak sapı bulunmaz ve bu bitkilerde yaprak ayası doğrudan gövdeye bağlıdır.
- Yaprak ayası, yaprağın yassılaştırmış ince ve yeşil kısmıdır. Fotosentezin en çok gerçekleştiği yerdir. Yaprak ayasının büyüklüğü arttıkça bitki güneş ışığından daha fazla yararlanır ve daha fazla terleme meydana gelir.

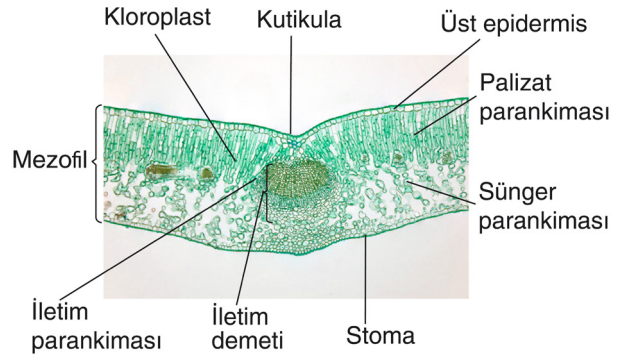




Yaprığın enine kesitinin üç boyutlu yapısı

- Terlemenin çok olması bitkide su kaybını artırır. Bu nedenle bitkinin yaşadığı ortam kuraksa yaprak ayası küçük, nemliyse yaprak ayası büyüktür.
- Yaprığın enine kesitinde üç doku sistemi görülür. Bunlar **örtü doku**, **temel doku** ve **iletim dokudur**.
- Örtü doku, yaprağın alt ve üst yüzeyini örter. Örtü doku genelde tek sıralı epidermis hücrelerinden oluşur. Bu hücrelerde genel olarak klorofil bulunmaz. Epidermis üzerinde bitkinin su kaybını engelleyen kütikula tabakası vardır.

- Mumsu kütikula, stomalar tarafından kesintiye uğrar. Kütikula şeffaf yapıda olduğu için güneş ışığının geçmesini engellemez. Karada yaşayan bitkilerin çoğunda üst epidermisteki stoma çok az sayıdadır ya da hiç yoktur.
- Alt epidermisteki stoma sayısı üst epidermise göre daha fazladır.
- Temel doku, üst ve alt epidermis arasında kalan ve mezofil olarak adlandırılan bölümdür.
- Mezofil, kloroplast bulunduran palizat parankiması ve sünger parankiması hücrelerinden oluşur.
- Üst epiderminin altında yer alan uzun, silindirik şeklindeki palizat parankiması hücrelerinde fotosentez yoğun olarak gerçekleşir.
- Palizat parankimasının alt bölümünde sünger parankiması bulunur. Kloroplast miktarı, palizat parankimasından daha azdır.
- Sünger parankimasının hücrelerin şekilleri düzensizdir ve hücreler arasında geniş boşluklar vardır. Boşlukların içi, hava ve su buharı ile doludur. Bu sayede gaz alışverişi ve terleme verimli gerçekleşir.
- İletim dokusu (odun ve soymuk boruları), yaprakta mezofil hücreleri arasında yer alır. Su ve besin taşınmasını sağlayan damar yapısıdır. Her bir yaprağın iletim dokusu gövdedeki iletim demetinin devamıdır. Damarlar, mezofilde alt dallara ayrılarak dallanır. Oluşan bu ağ sistemi mezofildeki palizat ve sünger parankiması ile yakın temas sağlar.



Yaprığın enine kesitinin üç boyutlu yapısı

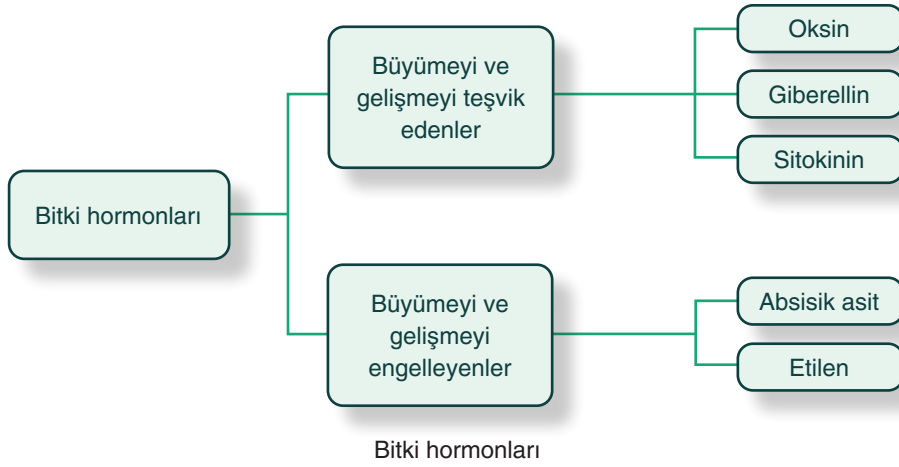
Nemli ve Kurak Bölge Bitkilerinin Farklı Özellikler Açısından Karşılaştırılması

Özellik	Nemli Bölge	Kurak Bölge
Kök çeşidi	Saçak kök	Kazık kök
Kök ozmotik basıncı	Düşük	Yüksek
Kök emici tüy sayısı	Az	Çok
Yaprak ayası	Geniş	Dar
Yapraktaki tüy sayısı	Az	Çok
Kütikula kalınlığı	İnce	Kalın
Gövde yapısı	Uzun	Kısa
Stoma sayısı	Çok	Az
Stoma büyüklüğü	Büyük	Küçük
Stoma açıklığı	Çoğu zaman gün boyu açıktır.	Çoğu zaman gün boyu kapalıdır.
Stoma konumu	Yaprığın her iki yüzündedir.	Genellikle yaprağın altındadır.

BİTKİ GELİŞİMİNDE HORMONLARIN ETKİSİ

Çok hücreli organizmalarda özel hücrelerde üretilip daha sonra diğer kısımlara taşınan, orada hedef hücrelerin ve dokuların büyüme, gelişme ve metabolik işlevlerini etkileyen organik bileşiklere **hormon** denir.

- Hormonlar bitkilerin büyüme ve gelişim süreçlerinde etkilidir.
- En uygun etkinliklerini, optimum (en uygun) miktarlara ulaştıklarında gösterir. Optimum değerın altında veya üzerinde ki hormon miktarı, bitkide bazı anormalliklere neden olur.
- Bitki hormonları; aktif büyüme gösteren kök ve gövde uçlarında, tohumlarda, meyvelerde ve genç yapraklardaki hücrelerde üretilir.
- Hormonlar; genellikle hücre bölünmesinde, büyümede, üremede, farklılaşmada, gelişmede, vücuttaki su ve mineral dengesinin düzenlenmesinde görev alır.



Oksin Hormonu

- Bitkilerin uç meristeminde ve genç yapraklarda sentezlenir.
- Gövde uzamasını uyarır (düşük derişimlerde).
- Yan köklerin oluşumunu sağlar, meyve ve çiçek gelişimini düzenler, iletim demetlerinin farklılaşmasına etki eder.
- Kambiyumun bölünmesini uyarır ve sekonder meristemi aktif hâle getirir.
- Fototropizma olayında görev yapar.
- Yaprakların dökülmesini geciktirir.
- Oksin hormonu çok fazla salgılanırsa bitki büyümeyi durdurur.
- Bitkilerde meyve vermede ve çekirdeksiz meyve oluşumunda etkilidir.



Oksin uygulanmış bitkiler

Oksin uygulanmamış bitkiler

Giberellin Hormonu

- Su alımını uyararak tohumun uyku hâlinin bozulmasını, çimlenmesini, meyvenin büyümesini ve çiçeklenmeyi sağlar.
- Gövdenin uzamasında, yaprakların büyümesinde etkilidir.
- Cüce bitkilere ve gövdeleri az uzayan diğer bitkilere giberellin verildiğinde gövde uzaması teşvik edilir.
- Giberellin, ilkbaharda absisik asidin etkisinin azalması sonucu tomurcuklarda sentezi artarak tomurcuklanmayı da uyarır.
- Köklerde, genç yapraklarda ve bitki embriyolarında üretilir.
- Tarımda yaygın olarak kullanılan bir hormondur. Tozlaşmayı takiben meyve gelişiminin başlamasını, bazı meyvelerin büyümesini ve çekirdeksiz meyve oluşumunu sağlar. Doku kültürüyle bitki üretiminde de önemli rol oynar.



Giberellin
uygulanmamış bitki
tohumları



Giberellin
uygulanmış bitki tohumları
çimlenir.



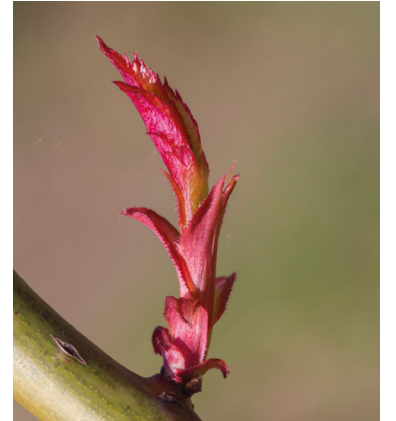
Giberellin
uygulanmamış bitki
gövdesi

Giberellin
uygulanmış bitki
gövdesi

Giberellin hormonunun bitkilerde etkisi

Sitokinin Hormonu

- Embriyolarda, kök hücrelerde ve meyvelerde üretilip ksilem ile hücrelere taşınır.
- Hücre bölünmesine uyarıcı etki yapar.
- Yanal tomurcuk büyümesini hızlandırır.
- Diğer hormonlarla; tomurcuk gelişiminde, yaprakların yaşlanmasının geciktirilmesi, yaprakların geç dökülmesinde ve zarar gören dokuların onarılmasında etkilidir.
- Üretilen besinlerin depo organlara taşınmasını artırır.
- Tohumun çimlenmesini uyarır.

**Absisik Asit (ABA) Hormonu**

- Bitkilerin kuraklığa karşı koymasını sağlar.
- Bitkinin hemen hemen bütün hücrelerinde sentezlenebilir.
- Floem ve ksilemle taşınabilir, büyümeyi yavaşlatır.
- Çoğunlukla büyüme hormonlarının etkilerine zıt etki yaparak bitki gelişimini engelleyip, bitkiyi kış yaşamına hazırlayan bir dizi karmaşık durumun oluşmasını teşvik eder.
- Hücre bölünmesinin yavaşlamasını, yapraklar yerine koruyucu yapıların oluşmasını, su geçirmeyen maddelerin biriktirilmesini sağlar.
- Bitkide uyku hâlini (dormansi) teşvik ederek tohumun çimlenmesini engeller.

- Bitki solmaya başlayınca yapraklarda absisik asit birikir ve bu da stomaların hızla kapanmasını sağlar. Bunun sonucunda bitkide terleme azalır ve su kaybı önlenir.
- Bitkilerin kışa hazırlanmasına yardım eder.



Etilen Hormonu

- Bitki yaşamında bir dizi etkiye sahip olan gaz hâlindeki bir hormondur.
- Bitkinin birçok kısmında üretilir.
- Meyvelerin olgunlaşması, tomurcuk gelişimi, tohumun çimlenmesi ve yaprakların dökülmesini sağlar.
- Bitki stres durumunda (kuraklık, yaralanma, su baskını, enfeksiyon vb.) tepki olarak etilen oluşumunu artırır.
- Etilenin etkisiyle nişastanın su ile parçalanması, organik asitler, tanen vb. bazı bileşiklerin parçalanması gibi değişiklikler meyveyi tatlandırır ve meyve olgunlaşır. İyi havalandırılmış ortamlarda etilen üretimi yeterli miktarda olmaz. İyi havalandırılmamış ortamlarda ise etilenin artması, meyvenin çürümeye sebep olur.

Etilen yok.

Az etilen ile çiçek dökümü başlar.

Etilenli çiçekler dökülür.



Etilenin çiçeklenmeye etkisi

BİTKİ HAREKETLERİ

Bitki Hareketlerinin Genel Özellikleri

- Bitkilerde hareket, bitki dokularında çevreden gelen etkilere karşı **uyarılardan algılanması, uyarının iletimi ve uyarıya fizyolojik cevabın verilmesi** şeklinde gerçekleşir.
- Bitkilerde **tropizma** ve **nasti** olmak üzere iki çeşit hareket görülür.

Tropizma Hareketleri

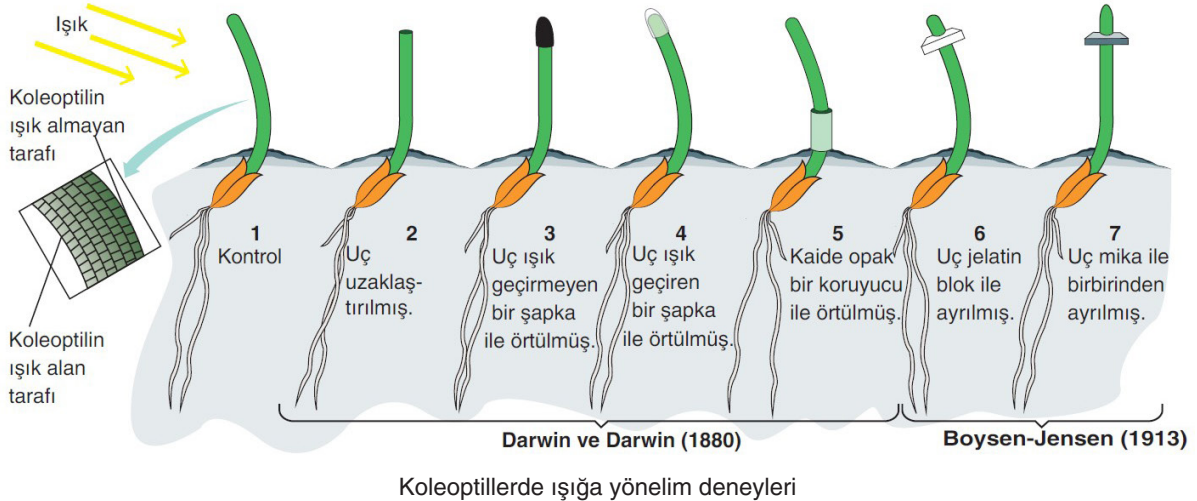
- Bitkinin büyüyen ve uzayan kısımlarında oksin hormonunun düzensiz dağılımı sonucu ortaya çıkan ve asimetric büyümeden kaynaklanan yönelme hareketlerine **tropizma hareketleri** denir.
- Tropizma hareketleri uyarının yönüne bağlı olarak gerçekleşir. Uyarının geldiği yöne doğru gerçekleşen hareket **pozitif tropizma**, uyarının tersi yönünde gerçekleşen hareket **negatif tropizma** olarak adlandırılır.
- Uyarının çeşidine göre tropizma hareketleri **fototropizma**, **gravitropizma** (geotropizma), **hidrotropizma**, **travmatotropizma**, **kemotropizma**, **tigmotropizma** olarak gruplandırılır.

⇒ Fototropizma

- Bitkilerin ışık uyarısına karşı gösterdiği yönelme hareketidir. Örneğin günebakan bitkisinin ya da cam kenarına konan çiçeğin güneşe doğru yönelmesi fototropizma hareketidir.
- Bitkinin ışık kaynağına doğru yönelim göstermesi **pozitif fototropizma**, ışık kaynağından uzaklaşması ise **negatif fototropizma** olarak adlandırılır.
- Köklerde negatif fototropizma, gövdede ise pozitif fototropizma görülür.
- Fototropizmada oksin hormonu etkilidir.

Fototropizmada Oksin Hormonunun Etkisi

Bilim insanları bitkilerin ışığı algılama mekanizmasını çözmek için deneyler yapmışlardır. 1913'te Charles Darwin, Francis Darwin ve Peter Boysen Jensen tarafından gerçekleştirilen deneyler, fototropizmanın ilgili sinyali nasıl ilettiğini saptamak için bir seri deney yapmıştır.



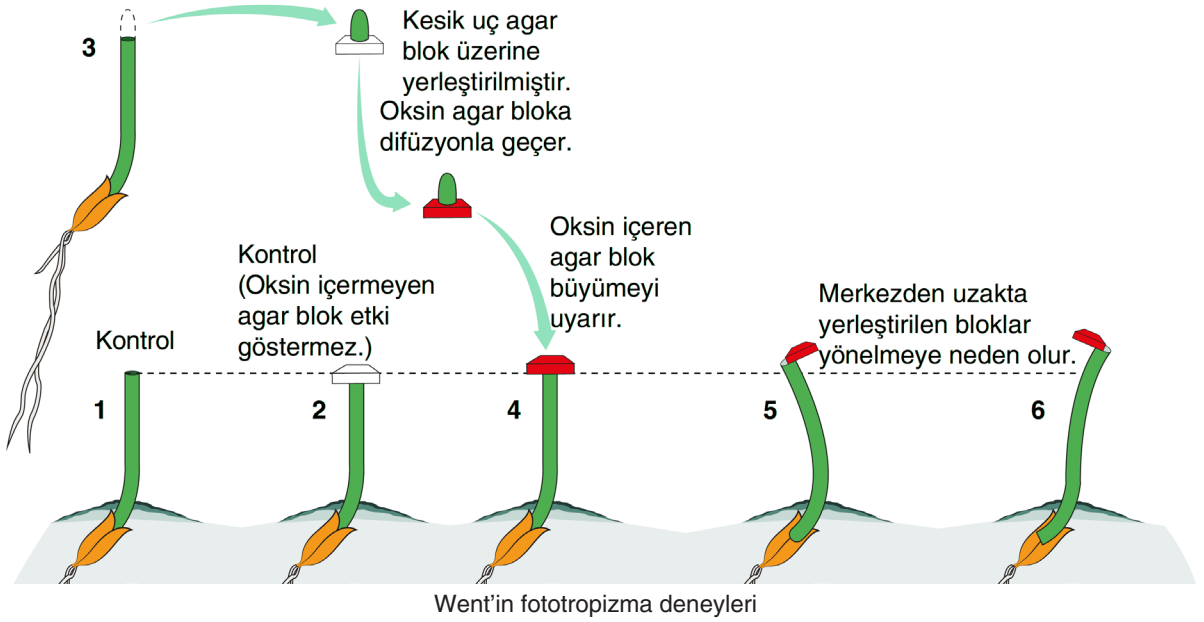
Koleoptillerde ışığa yönelim deneyleri

Bu deneylerdeki gözlemler ve deneylerden ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Tek yönden ışık alan hiçbir uygulama yapılmayan koleoptil, kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Koleoptilde ışığa yönelim gözlenmiştir.
2. Koleoptil ucu kesildiğinde ışığa yönelim olmamıştır.
3. Koleoptil ucu ışık geçirmeyen bir başlık ile kapatıldığında ışığa yönelim olmamıştır.

4. Koleoptil ucu ışık geçiren bir başlık ile örtüldüğünde ışığa yönelim olmuştur.
5. Koleoptil ucu açık bırakılarak koleoptilin diğer kısımları ışık geçirmeyen siyah bir örtü ile kapatıldığında ışığa yönelim olmuştur.
6. Koleoptilin ucu, hücreler arasındaki teması kesen fakat kimyasalların geçişine izin veren jelatin bir blokla koleoptilin alt kısımlardan ayrıldığında ışığa yönelim olmuştur.
7. Koleoptilin uç kısmı alt kısmından geçirimsiz bir madde (mika) ile ayrıldığında ışığa yönelim olmamıştır.

Sonuç: Sadece koleoptilin ucu ışığı algılayabilir fakat kıvrılma uçtan belli uzaklıkta gerçekleşir. Sinyal, jelatin blok gibi geçirgen bir engelden geçebilir fakat mika gibi katı bir engelden geçemez. Bu, fototropizmaya neden olan sinyalin taşınabilir olduğunu göstermektedir. Bu durumdan yola çıkılarak “**bitkilerin ışığı tepe noktalarından alıp oluşturduğu maddelerle gövdenin alt kısımlarına ilettiği**” sonucuna varılmıştır.



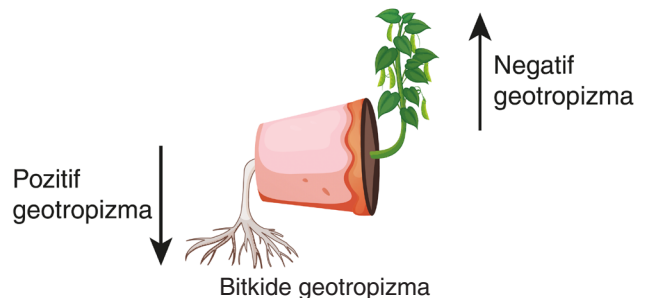
Karanlık ortamda yapılan deneylerdeki gözlemler ve bu deneylerden ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Kontrol grubunda koleoptilin ucu kesilmiş ve büyüme gözlenmemiştir.
2. Oksin içermeyen agar blok, kesilen ucun yerine konmuş; koleoptilde büyüme ve yönelme gözlenmemiştir.
3. Koleoptilin uç kısmı kesilerek agar blok üzerine yerleştirilmiştir. Uç kısmında bulunan oksinin agar bloka geçmesi sağlanmıştır.
4. Oksini emen agar blok, ucu kesilmiş koleoptilin üzerine yerleştirilmiştir. Yönelim olmadan koleoptilde büyüme gerçekleşmiştir.
- 5 ve 6. Uçları kesilmiş koleoptillerin merkezinden uzağa oksin emdirilmiş agar bloklar yerleştirildiğinde koleoptil, ışığa doğru büyüme olduğu gibi agar blokta oksinin bulunduğu tarafın aksi yönünde büyümeye başlamıştır. Yönelim ve büyüme gözlenmiştir.

Sonuç: Oksin sentezlenmesi için ışığa gerek yoktur. Oksin, koleoptil ucunda sentezlenir ve yer çekimine doğru taşınır. Oksin, koleoptilin büyümesinden sorumludur ve yönelime oksinin asimetrik dağılımı neden olur.

⇒ **Geotropizma (Gravitropizma)**

Bitkinin yer çekimi etkisine bağlı gösterdiği yönelim hareketine **geotropizma** denir. Bitki kökünde yer çekimi yönünde **pozitif geotropizma**, gövdede ise yer çekimine ters yönde **negatif geotropizma** görülür.

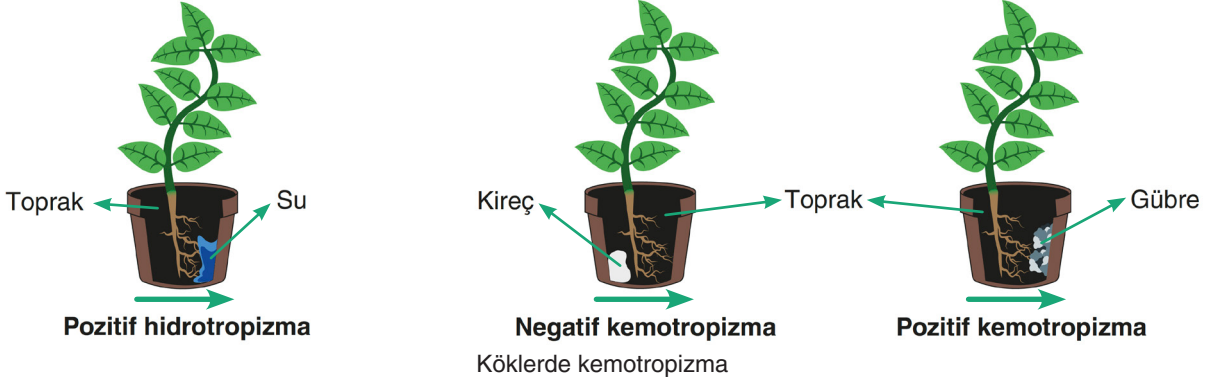


⇒ **Hidrotropizma**

Bitki köklerinin suya doğru yönelim göstermesine **hidrotropizma** denir. Su kenarlarında ve sulak alanlara yakın bölgelerde yaşayan bitkilerin köklerinin su birikintisine doğru yönelmesi pozitif hidrotropizmaya örnektir.

⇒ **Kemotropizma**

Bitki köklerinin toprakta bulunan farklı kimyasal maddelere karşı gösterdiği yönelim hareketine **kemotropizma** denir. Bitki köklerinin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan gübre gibi yararlı maddelere doğru büyüyerek yaklaşmasına **pozitif kemotropizma**; aşırı tuz, kireç gibi zararlı maddelerin bulunduğu bölgenin ters yönüne büyüyerek uzaklaşmasına **negatif kemotropizma** denir.



Ağaçta traumotropizma

⇒ **Traumotropizma**

Bitkilerde herhangi bir yaralanma durumunda görülen yönelme hareketine **traumotropizma** denir. Örneğin bir bitkinin gövdesi yaralandığında yara bölgesinde hormon salgılanır. Bu hormonun etkisiyle gövde, yara bölgesinin tam tersi yönünde büyümeye devam eder.



Ağaca sarılmış asma bitkisinde pozitif haptotropizma

⇒ **Tigmotropizma (Haptotropizma)**

Bitkilerin dokunmaya karşı verdiği tepkilere **tigmotropizma** (haptotropizma) denir. Özellikle sarılıcı bitkilerde görülür. Asma, fasulye, salatalık, sarmaşık gibi bitkiler bulundukları dala sarılır.

Nasti Hareketleri

Bitki hücrelerindeki turgor basıncındaki değişimler sonrasında gerçekleşen, uyarının yönüne bağlı olmayan hareketlere **nasti hareketleri** denir. Başlıca nasti hareketleri **fotonasti**, **termonasti**, **sismonastidir**.

⇒ **Fotonasti**

Işık etkisiyle gerçekleşen nasti hareketlerine **fotonasti** denir. Fasulye bitkisinin yapraklarının gündüz dik gece eğik durması, sarmaşık bitkisinin çiçeklerinin gündüz açıp gece kapanması fotonasti olayına örnektir.



Mirabilis jalapa çiçeklerinde fotonasti

⇒ **Termonasti**

Sıcaklığın etkisiyle görülen hareketlerdir. Lale çiçekleri düşük sıcaklıkta kapanır, yüksek sıcaklıkta açılır.



Lale bitkisi çiçeğinde termonasti

⇒ **Sismonasti**

Sarsıntı ve dokunmanın neden olduğu harekete **sismonasti** denir. Sismonasti, *Mimosa pudica* [*Mimosa pudica* (küstüm otu)] bitkisinde görülür. Bu bitki dokunma ile yapraklarını kapatır. Yine *Dionea muscipula* [*Dionea muscipula* (böcek kapan)] bitkisinin yapraklarının içine böcek konduğunda buradaki duyarlı tüyler yaprakta aniden bir turgor değişimi meydana getirerek yaprakların kapanmasını sağlar.



Mimosa pudica 'da sismonasti



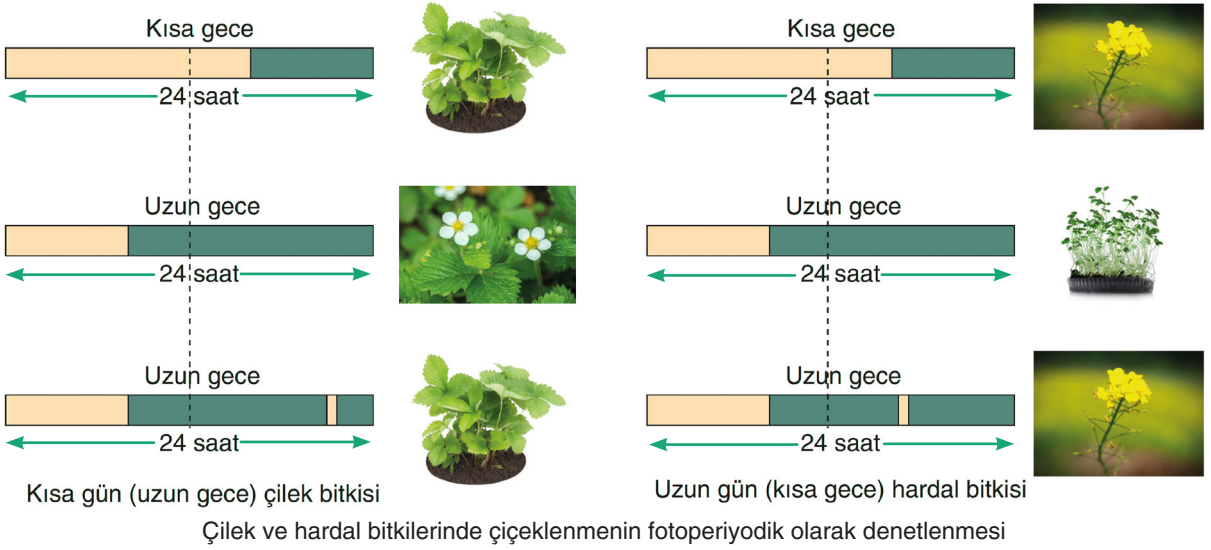
Dionea muscipula 'da sismonasti

Tropizma ve Nastinin Karşılaştırılması

TROPİZMA	NASTİ
Uyaranın yönüne bağlıdır.	Uyaranın yönüne bağlı değildir.
Bitkilerin sadece büyüyen ve uzayan kısımlarında gerçekleşir.	Bitki ilgili organı ile uyarana tepki gösterir.
Hormon (oksin) etkisi ile gerçekleşir.	Turgor basıncı etkisi ile gerçekleşir.
Yavaş gerçekleşir.	Hızlı gerçekleşir.
Uyaranın yönüne bağlıdır (pozitif ve negatif tropizma).	Uyaranın yönüne bağlı değildir.

FOTOPERİYODİZM

- Mevsimsel olaylar, bitkilerin çoğunun yaşam döngüsünde kritik önem taşır. Tohum çimlenmesi, çiçeklenme, tomurcuk dormansisinin kırılması yılın belli zamanlarında gerçekleşen olaylardır. Bitkilerin yılın en uygun zamanını saptamak için kullandığı çevresel uyarı, gün uzunluğundaki değişim fotoperiyottur.
- Gece veya gün uzunluğuna verilen fizyolojik yanıt **fotoperiyodizm** olarak adlandırılır. Fotoperiyodizm, bitkilerin dünya üzerindeki dağılımını belirleyen önemli bir faktördür.
- Işık alma süresine bağlı çiçeklenmeye göre bitkiler üç ana grupta incelenir.
- Gecenin gündüzden daha uzun olduğu günlerde çiçeklenen bitkilere **kısa gün** (uzun gece) bitkileri denir. Bazı fasulye çeşitleri, çilek, patates, kasımpatı genelde yaz sonunda, sonbaharda ya da kışın çiçeklenir.
- Gündüzün geceye oranla daha uzun olduğu günlerde çiçeklenen bitkilere **uzun gün** (kısa gece) bitkileri denir. Bu bitkiler ilkbahar sonu veya yaz başında çiçeklenir. Hardal, marul, süsen ve pek çok tahıl uzun gün bitkisidir. Bu bitkilerin çiçeklenebilmesi için 12-14 saat ışık alma süresi gerekir.
- Bazı bitkiler fotoperiyottan etkilenmez. Bu bitkilere **nötr gün** bitkileri denir. Domates, çeltik, pamuk, ayçiçeği, pirinç, karahindiba bu bitkilere örnektir.



KÖKLERDE SU VE MİNERAL EMİLİMİ

Köklerde Su-Mineral Emilimi ve Ksileme Taşınma Yolları

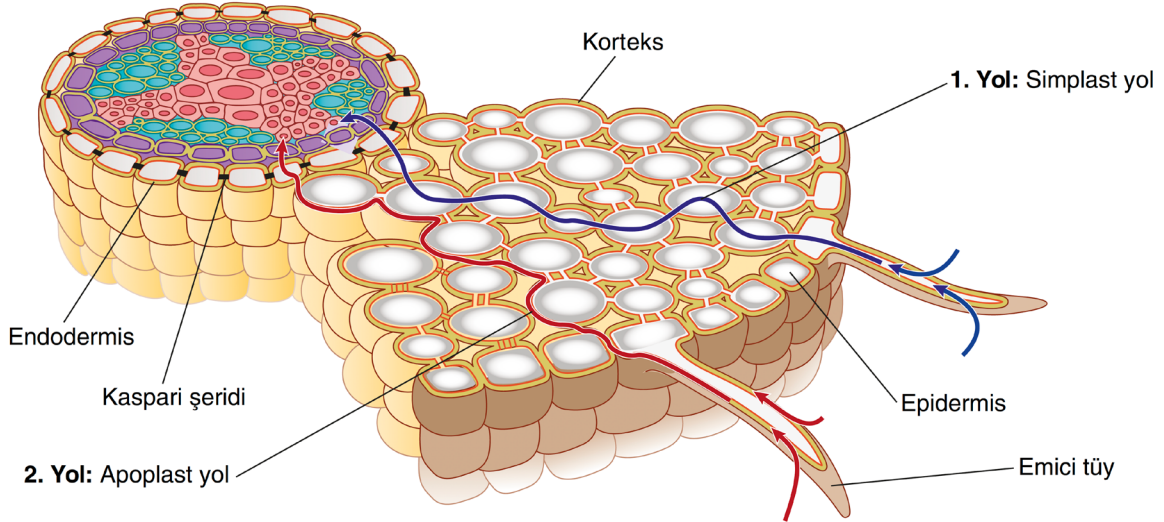
- Kök sistemi, bitkinin toprağa tutunmasını ve topraktan suyun alınmasını sağlar. Kökteki emici tüyler, topraktan aktif taşıma ile aldığı mineralleri ve tuzları biriktirir. Bu birikim, emici tüylerdeki osmotik basıncın toprak çözeltisine göre daha yüksek olmasını sağlar. Kök hücrelerinde K^+ iyonu, topraktaki yoğunluğundan yüzlerce kat fazla olabilir. Bu sayede kökteki emici tüylere osmozla su geçer.
- Bitkilerde suyun taşınması ksilem borularıyla gerçekleşir. Bu yüzden topraktan emilen suyun ve minerallerin ksileme kadar iletilmesi gerekir.

İletim iki yolla gerçekleşir.

1. yol, suyun emici tüylere girip hücreden hücreye plazmodezmlerden geçerek ksileme kadar taşınması **simplast yoldur**.
2. yol, hücreye girmeden hücre çeperleri ve çeperlerin çevresinde bulunan hücreler arası boşlukta taşınması **apoplast yoldur**.

Böylece su; emici tüylerden epidermise, epidermisten kök korteksine (parankimasına), korteksten de endodermise ulaşır.

- Endodermis duvarlarındaki kaspari şeridi suya geçirimsizdir. **Kaspari şeridi**, su moleküllerini belirli bölgelerden geçmeye zorlayan bir bariyerdir. Su, endodermis içinde belirli bölgelerden hareket ederek merkezî silindirdaki ksileme ulaşır. Suyun ve minerallerin alımı bu yolla daha hızlı olur. Ksileme ulaşan su, kök ve gövde içinde yukarı doğru hareket ederek yapraklara kadar ulaşır.



Köklerde su ve mineralin emilimi ve ksileme taşınma yolları

- Bitkiler, ihtiyaç duyduğu mineralleri toprak çözeltisinden suda çözünmüş hâlde alır. Bu olay iki yolla gerçekleşir. Birinci yol enerji harcanmadan gerçekleşen pasif taşıma ile alınması, ikinci yol ise ATP harcanarak gerçekleşen aktif taşıma ile alınması ya da biriktirilmesidir. Kökte suyun ozmozla, K^+ iyonunun aktif taşımayla alınması buna örnek olarak gösterilebilir.

Bitkiler Tarafından Kullanılan Makro ve Mikro Elementler

- Bitkilerin yaşamsal faaliyetleri için çok fazla miktarda ihtiyaç duyduğu elementlere **makro elementler** adı verilir.
- Makro elementlerden bazıları bitkinin yapısını oluşturan organik bileşiklerin başlıca bileşenidir. Bazıları da bileşik enzim yapısında kofaktör olarak bulunur ve enzim aktivasyonunu sağlar.
- Bitkilerin yaşamsal faaliyetleri için çok az miktarda ihtiyaç duyduğu elementlere **mikro elementler** adı verilir.
- Mikro elementler, bileşik enzim yapısında kofaktör olarak bulunur ve enzim aktivasyonunu sağlar.

- Makro elementler gibi mikro elementlerin eksikliğinde de bitkinin metabolik faaliyetlerinde aksaklıklar ortaya çıkar. Örneğin klorofilin yapısında makro element olan magnezyum elementi vardır. Ancak klorofilin sentezlenmesi sırasında mikro element olan demir elementine ihtiyaç duyulur. Demirin yeterli olmaması, klorofil sentezini durdurur. Bu durumda bitkide hastalıklar ve anormallikler oluşur. Eksiklik giderilmezse bu durum, bitkinin ölümüne yol açabilir.
- Bir mineralin eksikliği, başka bir mineral ile giderilemez.

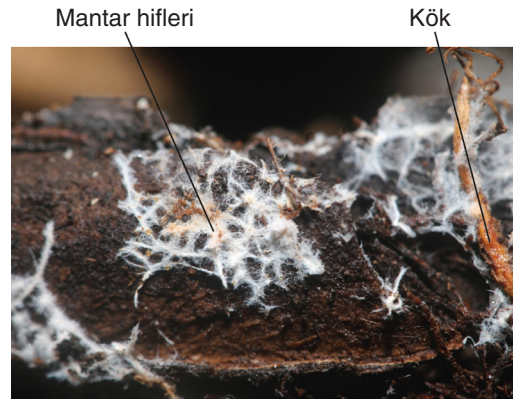
Makroelementler		Mikroelementler	
Elementler	Bitkiler Tarafından Kullanılabilir Formu	Elementler	Bitkiler Tarafından Kullanılabilir Formu
Karbon	CO_2	Demir	Fe^{3+} , Fe^{2+}
Hidrojen	H_2O	Klor	Cl^-
Oksijen	O_2	Manganez	Mn^{2+}
Azot	NO_3^- , NH_4^+	Bor	H_2BO_3^-
Fosfor	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	Bakır	Cu^+ , Cu^{2+}
Kükürt	SO_4^{2-}	Çinko	Zn^{2+}
Kalsiyum	Ca^{2+}	Nikel	Ni^{2+}
Potasyum	K^+	Molibden	MoO_4^{2-}
Magnezyum	Mg^{2+}		

Nodül ve Mikoriza

Bazı bitkiler, topraktan su ve mineral alımını artırmak için bazı bakteri ve mantar türleri ile mutualist bir birliktelik kurar. Bu bitkilerin kökleri, mantar hifleri ile mikoriza oluşumu gerçekleştirirken bazı bakterilerle de nodül oluşumunu gerçekleştirir.

Mikoriza

- Bazı bitkilerin kökleri ile topraktaki özel mantarların oluşturduğu simbiyotik birliktir.
- Tohumlu bitkilerin çoğu, mikoriza oluşturarak toprağın suyunu emmek için yüzey alanlarını artırır.
- Mantarlar, su ve inorganik iyonları emen **hif** adı verilen ipliklere sahiptir.
- Hifler, kökü dıştan sarar ve toprak içlerine uzanarak emilim yüzeyini artırır.
- Mikoriza, kök korteks hücreleri arasına yerleşir.



Mikoriza



Nodül

Nodül

- Baklagillerin kökleri ile *Rhizobium* (Rizobiyum) cinsi bakterilerin simbiyotik birlikteliğinden oluşan yumrulardır.
- Atmosferin %79'u azot olsa da bitkiler bu serbest azotu kullanamaz, azotu topraktaki amonyum ve nitrat bileşiklerinden karşılar.
- Nodül içindeki *Rhizobium* bakterileri, havanın serbest azotunu toprağa bağlayarak amonyuma dönüştürür. Böylece bitki, azot ihtiyacını karşılamış olur. Bitki de bakterilerin ihtiyaç duyduğu organik besinleri bakteriye sağlar.

KSİLEMDE SU VE MİNERALLERİN TAŞINMASI

Ksilemde Madde Taşınmasının Genel Özellikleri

Topraktan alınarak ksileme ulaşan suyun ve suda çözünmüş minerallerin bitkinin üst kısımlarına taşınmasında **kök basıncı**, **kılcallık**, **terleme** ve **kohezyon kuvveti** etkilidir.

- Ksilemde su ve mineraller kök basıncı ile yukarı doğru itilirken **terleme** ve **kohezyon kuvveti** ile yapraklara doğru çekilir.
- Suyun taşınması **osmozla** gerçekleşir.
- Minerallerin taşınması ise **kolaylaştırılmış difüzyon** ya da **aktif taşıma** ile gerçekleşir.

Kök Basıncı

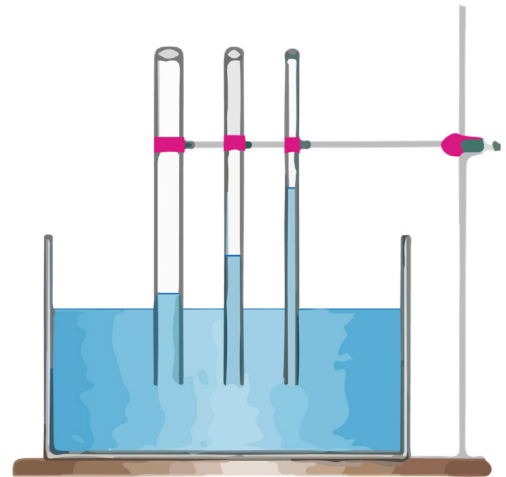
- Terlemenin neredeyse hiç olmadığı zamanlarda, özellikle geceleri, kök hücreleri mineralleri ksileme doğru aktif taşıma ile taşır. Bu sırada endodermde bulunan kaspari şeridi minerallerin geri dönmesini engeller.
- Ksilem de fazla minerallerden dolayı içindeki ozmotik basıncı artırır ve suyun ksileme doğru ilerlemesini sağlar. Fazla iyon yoğunluğundan suyun ksilemde yukarı doğru itilmesini sağlayan basınca **kök basıncı** denir.
- Su, bu basınç sayesinde gövde içinde yukarılara doğru ilerler.
- Kök basıncı sadece canlı yapılarda gerçekleşir.
- Bitkinin yaşadığı ortam ne olursa olsun bulunduğu ortamdan su alabilmesi için kök ozmotik basıncı, toprak ozmotik basıncından daha fazla olmalıdır. Ancak kök basıncı, tek başına suyun taşınması için yeterli değildir.
- Kök basıncı, bazı otsu bitkilerde ihtiyaçtan fazla olan suyun yaprak kenarlarındaki hidatotlardan **gutasyon** yolu ile atılmasına neden olur. Bu, suyun gövde içinde yukarı doğru taşınmasında etkili bir durumdur.



Testere dişli aslanpençesi yaprağında gutasyon

Kılcallık

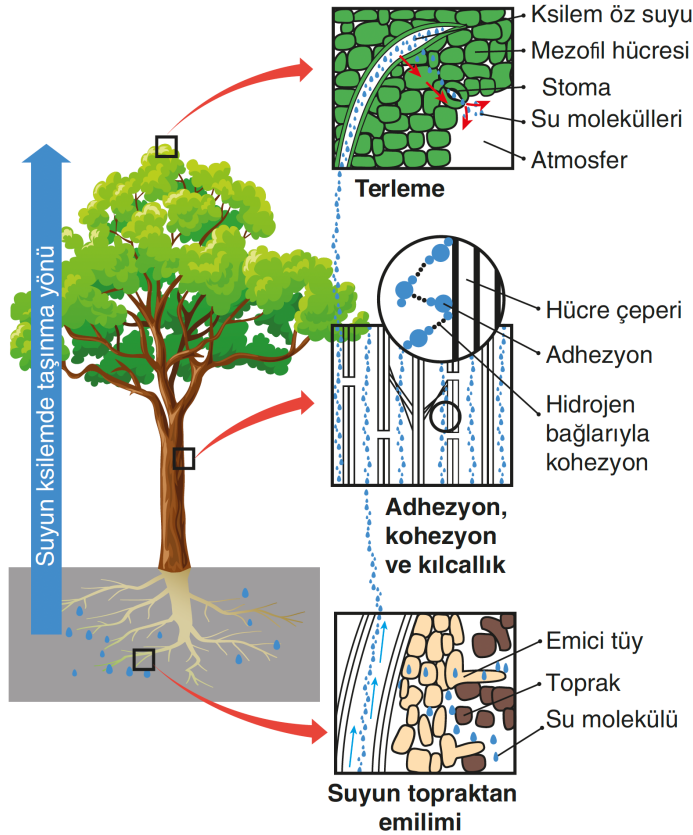
- Ksilem borularının çapının küçük olması içerisinde ilerleyen su ile ksilem boruları arasındaki gerilimi artırır.
- Su moleküllerinin hidrojenleri ile ksilemin çeperleri birbirini çeker.
- Ksilem çeperinin su moleküllerine uyguladığı çekim kuvveti olan adhezyon suyun yükselmesinde etkilidir. Bu yüzden ksilem borularının çapı ne kadar küçük olursa içindeki sıvının yükselmesi de o ölçüde kolay olur. Ancak kılcallık, suyun yükselmesinde diğer faktörlere göre en az etkili olanıdır.
- Kılcallık canlı ve cansız yapılarda gerçekleşebilir.



Farklı çaptaki borularda kılcallıkla suyun yükselmesi

Terleme ve Kohezyon Gerilim Teorisi

- Bitkilerde ksilem öz suyunun yukarılara taşınmasını sağlayan en büyük etki **terleme** ve **kohezyon** gerilim teorisi ile açıklanır.
- Fotosentez sırasında suyun kullanılması ve yapraklardaki **stoma** adı verilen gözeneklerden suyun gaz hâlinde atılmasıyla bitkilerde su kaybı gerçekleşir. Stomada gerçekleşen bu olaya **terleme** (transpirasyon) denir.
- Terlemede su buharı, yapraktaki hava boşluklarından stomalar aracılığı ile daha kuru olan dış havaya geçer.
- Kaybedilen su buharının yerini, mezofil hücrelerini örten su filminden gaz durumuna geçen su damlacıkları doldurur. Su filminin buharlaşması, hava ile su kesişme yüzeyinde yüzey gerilimini artırarak **negatif basınç** potansiyeli oluşturur.
- Yüzey gerilimindeki artış, komşu hücrelerden ve hava boşluklarından suyu çeker.
- Ksilemdeki su, kaybedilen su ile yer değiştirmek üzere komşu hücrelere ve hava boşluklarına çekilir. Bunun neticesinde su kökten yukarı doğru emilir.
- Aynı tür moleküllerin birbirine uyguladığı çekim kuvvetine **kohezyon** denir. Su molekülleri arasında hidrojen bağları kurulur. Bu kuvvet, bitkinin en üst kısımlarına suyun sütun hâlinde çıkmasına katkı sağlar.
- Terleme kohezyon kuvveti canlı ve cansız yapılarda gerçekleşebilir.
- Suyun bitkinin üst kısımlarına kadar taşınmasına, farklı moleküller arasındaki çekim kuvveti olan adhezyon da etki eder. Su, ksilem içerisinde birbirine kohezyon kuvveti ile bağlı iken ksilem çeperlerinin iç yüzeyine de adhezyon kuvveti ile tutunur.
- Terleme olayı, topraktan su ile minerallerin alınmasını ve taşınmasını sağlamasının yanı sıra boşaltımı da sağlayarak su dengesini de korur.
- Yaprak yüzeyinin genişliği, stoma sayısı, iletim demetlerinin sayısı, emici tüy hücrelerinin sayısı terlemeyle doğru orantılıdır.
- Stomaların yapraktaki konumları da terlemede etkilidir.

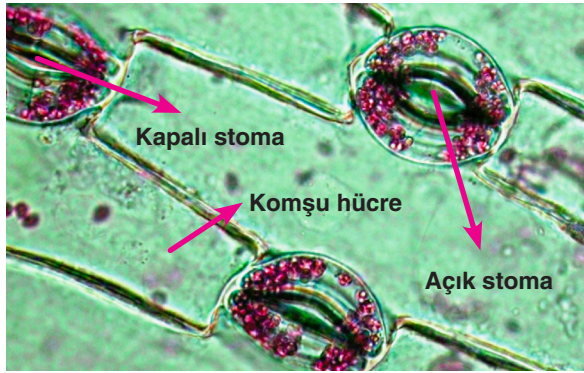


Bir ağaçta suyun taşınma mekanizması

SUYUN TAŞINMASINDA STOMALARIN ROLÜ

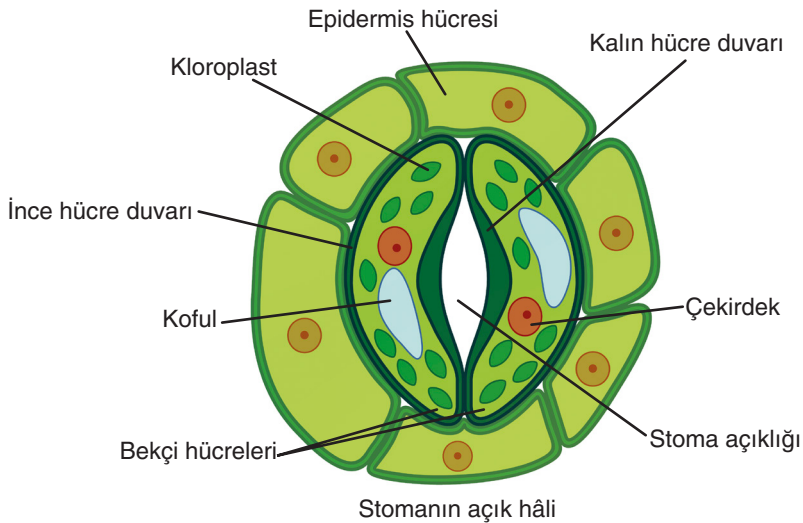
Terleme ve Stomaların Açılıp Kapanma Mekanizması

- Bitkilerde terleme hızı stomalar tarafından düzenlenir. Çünkü bitkinin kökleriyle aldığı suyun büyük bir kısmı (yaklaşık %95) yapraklardaki stomalardan buharlaşır.
- Gövdedeki lentisellerden ve yapraktaki ince kütikula tabakasında da terlemeyle bir miktar su kaybı olur. Terleme ile bitkide fazla ısınan yaprakların soğutulması ve köklerle alınan suyun yukarılara taşınması sağlanır.
- Stoma, epidermis hücrelerinin özelleşmesi ile oluşan iki adet bekçi hücre tarafından kuşatılmıştır. Bekçi hücreler, kloroplast bulundurur ve stomanın açılıp kapanmasını sağlar. Bekçi hücrelerin etrafında komşu epidermis hücreleri vardır.
- Çiçekli bitkilerin çoğunda bekçi hücrelerin stoma açıklığına bakan çeperleri kalınken komşu epidermis hücrelerine bakan çeperi incedir. Çeperlerdeki bu kalınlık farkı, stomanın açılıp kapanmasında önemli rol oynar.

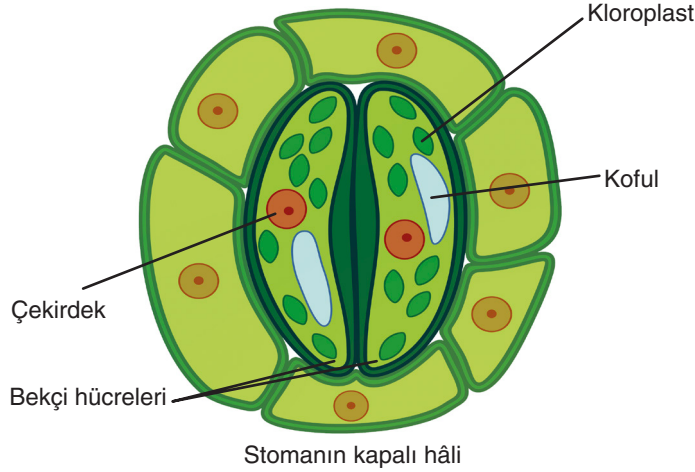


Kapalı ve açık stomalar (x400)

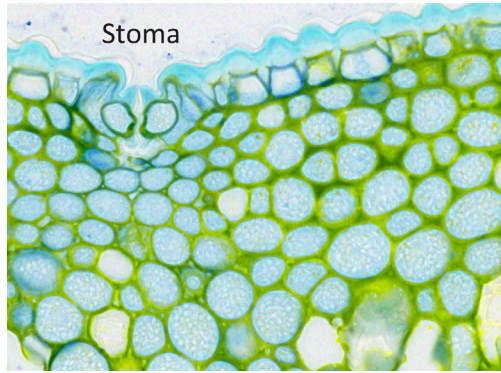
- Hücre çeperlerindeki selüloz mikrofibrillerin ışınal yönelimi de stomaların açılmasında etkilidir.
- Stomalar çoğunlukla gündüzleri açık, geceleri kapalıdır. Bu durum, bitkilerin fotosentez yapmadığı zamanlarda su kaybını önler. Bekçi hücrelerde kloroplast bulunduğundan yeterli ışık varlığında bitki fotosentez yapar. Fotosentez sonucu oluşan besin maddeleri (glikoz) bekçi hücrelerin ozmotik basıncını artırır. Ayrıca bekçi hücreler ışık ile uyarıldıklarında komşu hücrelerden K^+ iyonunu aktif taşıma ile alıp biriktirir. Fotosentez ürünleri ve K^+ iyonu derişimindeki artışla bekçi hücreler içindeki ozmotik basınç artar.
- Komşu hücrelerden bekçi hücrelere ozmozla su geçer ve turgor basıncı artar.
- Turgor basıncının artması, bekçi hücrelerde dışa bakan ince çeperleri kalın çeperlere göre daha çok esneterek iter ve bekçi hücrelerin arasındaki açıklık genişler. Böylece stoma açılmış olur.



- Bu mekanizmanın dışında stoma, hava boşluklarında karbondioksitin azalması ile açılır. Karbondioksit miktarındaki azalma ise mezofil hücrelerinde fotosentezin başlaması ile gerçekleşir.
- Stomanın kapanması, açılmasının tersine gerçekleşen olaylar ile olur. Işık olmadığında bekçi hücreler fotosentez yapmaz ve K^+ iyonları komşu hücrelere geçer. Bekçi hücrelerin ozmotik basıncı düşer ve komşu hücrelere su geçişi gerçekleşir.
- Turgor basıncı düşen bekçi hücreler arasındaki boşluk kapanır. Böylece stoma kapanmış olur.
- Nişastanın sentezi stomaların kapanmasına neden olur.



- Su, pH, sıcaklık, karbondioksit miktarı gibi çeşitli çevresel faktörlerin etkisiyle de stoma kapanabilir.
- Suyun yetersiz kalması bekçi hücrelerde absisik asit üretimine neden olur ve asitliğin artmasıyla stoma kapanır. Sıcaklığın artmasıyla mezofil hücrelerin solunum hızı da artar. Solunum sonucu açığa çıkan karbondioksit, yapraktaki hava boşluklarında birikir. Hava boşluklarındaki CO_2 miktarının artması, stomaların gündüzleri bile kısa süreli kapalı kalmasına neden olur.



Lohusa otu bitkisinin yaprak kesitinde epidermise gömülmüş stoma (x400)

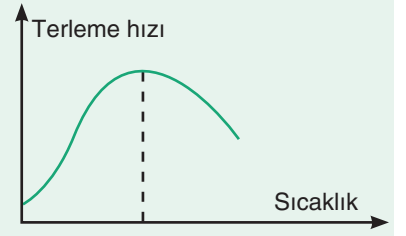
Terlemeye Etki Eden Çevresel Faktörler

Bitkilerde terlemeye etki eden faktörler genetik ve çevresel olmak üzere iki grupta incelenir.

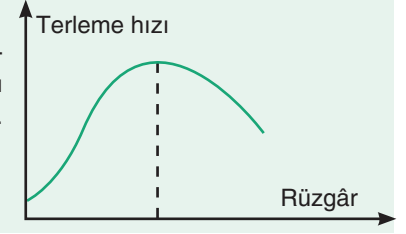
- ⇒ Genetik faktörlerden olan yapraktaki tüy miktarı ve kütikula kalınlığı terlemeyle ters orantılıdır. Yaprak yüzeyinin genişliği, stoma sayısı, iletim demetlerinin sayısı, emici tüy hücrelerinin sayısı terlemeyle doğru orantılıdır. Stomaların yapraktaki konumları da terlemede etkilidir.
- ⇒ Çevresel faktörler arasında yer alan havanın sıcaklığı ve nemi, rüzgâr, ışık şiddeti, atmosferdeki CO_2 miktarı, bekçi hücrelerdeki CO_2 miktarı ve topraktaki su miktarı terlemede etkilidir.

Havanın Sıcaklığı

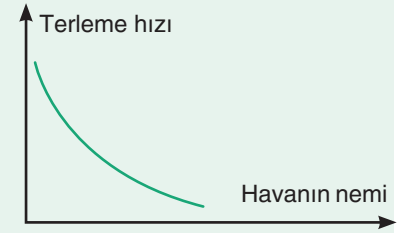
Sıcaklık artışı terlemeyi önce artırır, sonrasında stomaların kapanmasına neden olduğu için azaltır.

**Rüzgâr**

Yaprak yüzeyindeki su buharını uzaklaştırarak buhar basıncını düşürdüğü için terlemeyi artırır. Stomalardan terlemeyle su kaybı arttıkça yaprak yüzeyinde su buharı birikir. Bu durum, yaprak yüzeyindeki buhar basıncını artırdığı için terlemeyi azaltır. Çok şiddetli rüzgârlarda stomalar kapandığı için terleme azalır.

**Havanın Nemi**

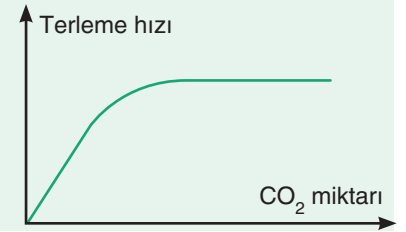
Havanın nem oranı arttıkça terleme azalır. Bu durumda su hidatotlardan atılır.

**Işık Şiddeti**

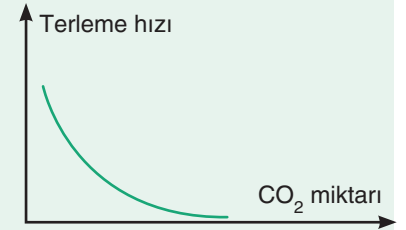
Işık etkisiyle stomalarda fotosentez olayı artar ve stomalar açılır. Buna bağlı olarak terleme hızı artar. Işık şiddetinin aşırı artması stomaların kapanmasına neden olur ve terlemeyi azaltır.

**Atmosferdeki CO₂ Miktarı**

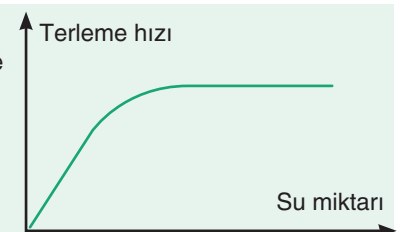
Belli bir değere kadar CO₂ artışı terlemeyi artırır. Sonra sabit kalır.

**Bekçi Hücrelerdeki CO₂ Miktarı**

CO₂ miktarının artması terlemeyi azaltır.

**Topraktaki Su Miktarı**

Topraktaki su miktarının belli bir değere kadar artışı terlemeyi artırır. Sonra terleme hızı sabit kalır.



FLOEMDE FOTOSENTEZ ÜRÜNLERİNİN TAŞINMASI

Floemde Madde Taşınmasının Genel Özellikleri

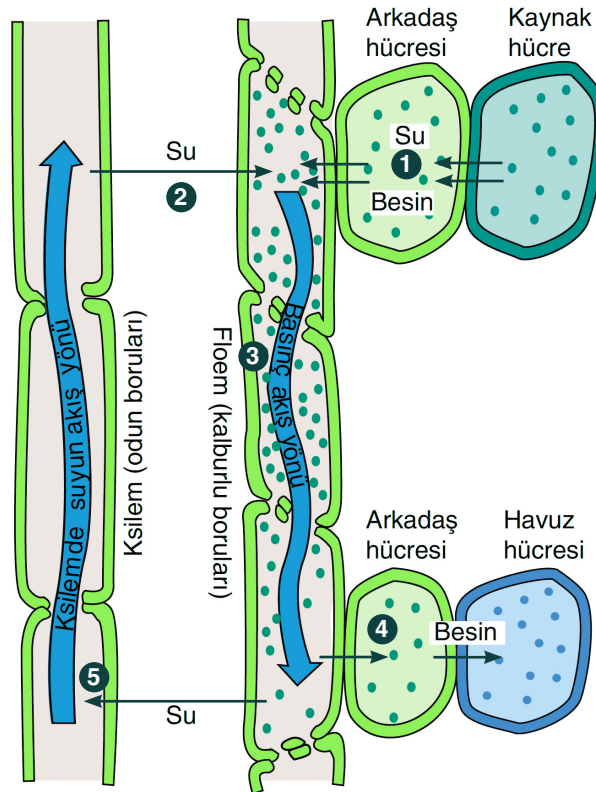
Fotosentez sonucu oluşan organik besinler, floem tarafından bitkinin diğer kısımlarına taşınır. Floemde besinlerin taşınması, ksilemin aksine çift yönlüdür ve bu taşınma sırasında enerji harcanır. Floemde besin maddelerinin taşınması ksilemdeki su ve mineral taşınmasına göre yavaştır.

Basınç Akış Teorisi

- Bitkilerde fotosentez sonucu üretilen besinlerin floemde taşınması **basınç akış teorisi** ile açıklanır.
- Basınç akış teorisine göre fotosentezin gerçekleştiği, besinin üretildiği hücreler **kaynak**; besinlerin floemle taşınarak kullanıldığı veya depolandığı hücreler ise **havuz** olarak adlandırılır.

Bu teoriye göre bitkide besinin taşınması aşağıdaki sıralamada gerçekleşir;

- 1 Fotosentez sonucu kaynak hücrede oluşan besin maddeleri arkadaş hücrelerine geçer.
- 2 Besin maddelerinin arkadaş hücrelerinden kalburlu borulara geçişi, kalburlu boru hücrelerinin hücre içi yoğunluğunu artırır. Kalburlu boru hücreleri artan ozmotik basınçla ksilemden su çeker.
- 3 Suyun kalburlu boru hücrelerine girmesiyle ozmotik basınç azalırken turgor basıncı artar ve turgor basıncının etkisi ile hücre içindeki besin içeren sıvı bulunduğu hücreden diğer hücreye geçer.
- 4 Basınç akış teorisi ile kalburlu boru hücrelerinde ilerleyen besinler, depo edileceği yere geldiğinde difüzyon ya da aktif taşıma ile önce arkadaş hücrelerine oradan da depo edileceği havuz hücrelerine geçerek depolanır.
- 5 Havuz hücrelerine geçen besin maddelerinden dolayı ozmotik basınç düşer. Kalburlu borular içerisindeki su tekrar ksileme geçer. Böylece üretilen organik maddelerin taşınması sağlanmış olur.



Bitkilerde basınç akış teorisi

Bitkilerde Su ve Madde Taşınması ile İlgili Deneyler

1. Optimum koşullardaki bir saksı bitkisinin soymuk boruları halka şeklinde kesilip çıkarılmıştır.

Bir ay sonra bitkide gözlemlenen değişiklikler neler olabilir?

Bu değişikliklerin dayandığı temeller nelerdir? açıklayınız?

Süreçte bitkide meydana gelmesi beklenen olayları sıraladığımızda:

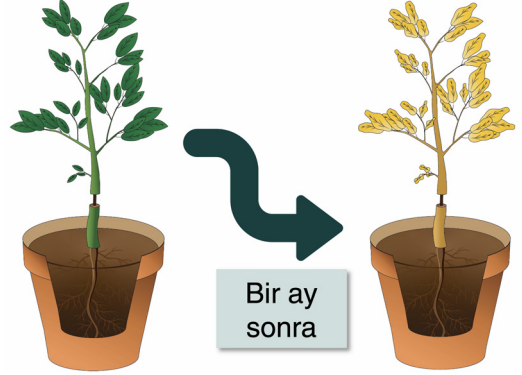
Köke fotosentez ürünlerinin iletilememesi

Kök hücrelerinin ölmesi

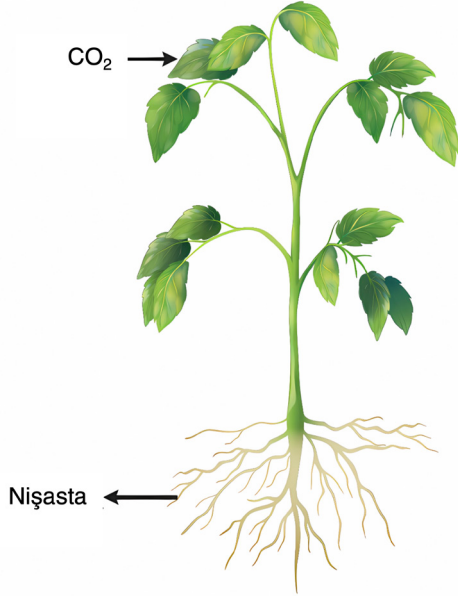
Toprakta su ve mineral emiliminin durması

Suyun ve minerallerin ksileme ulaşamaması

Susuz ve mineralsız kalan sürgün sisteminin ölmesi



2. Otsu bir bitkinin yaprakları radyoaktif karbon taşıyan CO_2 gazına maruz bırakılmış ve bu radyoaktif karbon atomu önce bitkinin gövdesindeki floemde daha sonra da bitkinin köklerindeki nişasta moleküllerinde tespit edilmiştir.



Radyoaktif karbonun kökteki nişasta moleküllerinde tespit edilmesi sürecinde sırasıyla gerçekleşen olaylar:

Fotosentezle şeker üretimi

Kaynaktan floeme yükleme

Basınç akış mekanizması

Floemden havuza yükleme

Nişasta sentezi

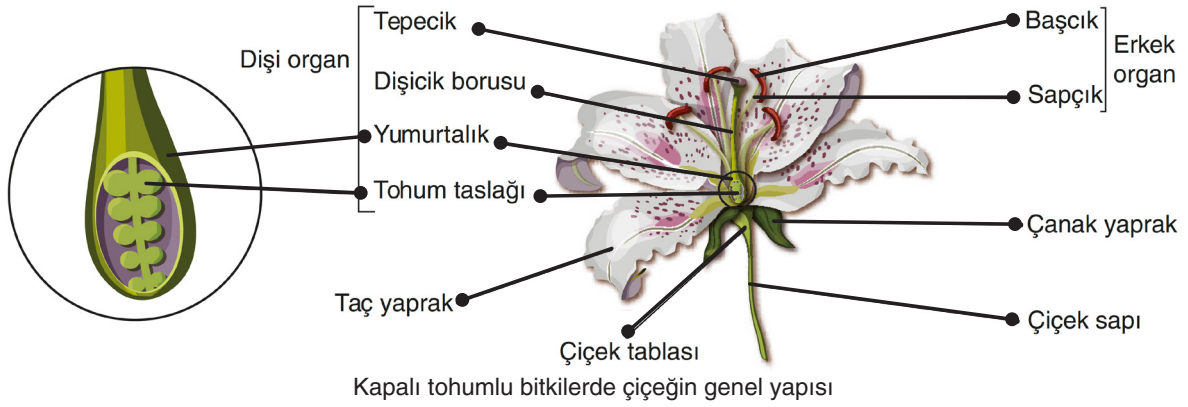
ÇİÇEĞİN KISIMLARI VE GÖREVLERİ

Bitkilerde Eşeyli Üremenin Genel Özellikleri

- Bitkilerde **eşeyli** ve **eşeysiz** olarak iki tip üreme görülür.
- Eşeysiz üreme sonucu kalıtsal yapısı aynı olan bitkilerden çok sayıda üretilebilir ve bitkilerde genetik çeşitlilik olmaz.
- Eşeyli üreme sonucunda ise kalıtsal yapısı farklı olan bitkiler üretilebilir ve genetik çeşitlilik olur. Bu sayede eşeyli üreme ile çoğalan bitki türünün farklı çevrelere yayılma şansı yüksek ve değişen çevre şartlarına uyum sağlama yeteneği daha fazladır.
- Tohumlu bitkiler eşeyli üreme ile çoğalır ve tohum durumlarına göre iki grupta incelenir.
- Açık tohumlu bitkilerde üreme organı kozalaklar, kapalı tohumlu (çiçekli) bitkilerde çiçeklerdir.

Kapalı Tohumlu Bitkilerde Çiçeğin Genel Yapısı

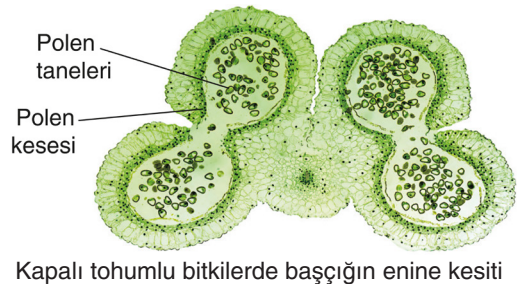
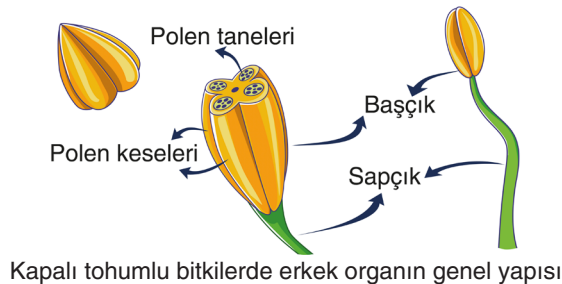
- Çiçekler, yaprakların değişimi ile meydana gelmiş yapılardır. Çiçek sapı ucunda yer alır.
- Kapalı tohumlu bitkiye ait çiçek genel olarak dıştan içe doğru **çanak yaprak**, **taç yaprak**, **erkek organ** ve **dişi organdan** oluşur.



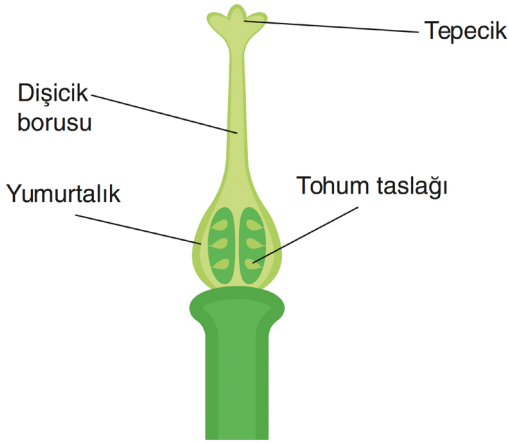
Dıştan içe doğru çiçeğin kısımları şunlardır:

- **Çiçek sapı** (pedisel), çiçeğin taşınmasını sağlar.
- **Çiçek tablası** (reseptakulum), çiçeğin tüm yapılarının bağlandığı çiçek sapının üstünde olan bölümdür.
- **Çanak yaprak** (sepal), genellikle yeşil renkli olan ve fotosentez yapabilme yeteneğine sahip olan yapraklardır. Çiçek tomurukları açmadan önce onları sarıp koruyan çanak yapraklar çiçeğin en dışında bulunur.
- **Taç yaprak** (petal), birçok çiçekte parlak renkler içerip böceklerin ve diğer tozlaştırıcıların ilgisini çekerek tozlaşmaya yardımcı olan yapraklardır.
- **Erkek organ** (stamen), **sapçık** (filament) ve **başçık** (anther) olmak üzere iki kısımdan oluşur.

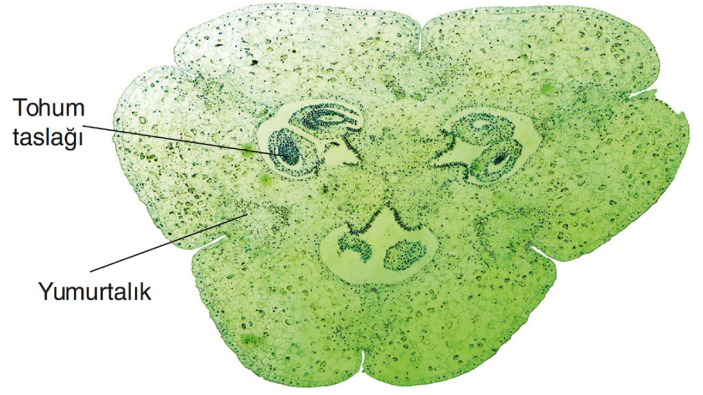
Sapçık başçığı taşır ve onun hareketliliğini sağlar. Başçıkta polen keseleri bulunur. Bu keseler polenlerin üretildiği ve depolandığı kısımdır.



- **Dişi organ** (pistil, karpel); **yumurtalık** (ovaryum), **tepecik** (stigma) ve **dişicik borusu** (stilus) olmak üzere üç kısımdan oluşur. Tepecik, polenlerin tutulmasını; dişicik borusu ise polen tüpünün yumurtalığa geçişini sağlar. Yumurtalıkta tohum taslağı bulunur. Dişi organ bir çiçekte bir veya birden fazla sayıda olabilir.



Kapalı tohumlu bitkilerde dişi organın genel yapısı



Kapalı tohumlu bitkilerde ovaryumun enine kesiti

Çiçek Çeşitleri

Kapalı tohumlu bitkilerin çiçek yapısında çanak yaprak, taç yaprak, erkek ve dişi organın bulunup bulunmamasına göre çiçekler **tam çiçek** ve **eksik çiçek** olarak gruplandırılır.



Kaplan zambağında tam çiçek

- Dişi organ, erkek organ, taç yapraklar ve çanak yaprakların tamamını bulunduran çiçeklere **tam çiçek** (hermofradit = erselik) denir. Gül, elma, şeftali, erik, portakal, kaplan zambağı tam çiçeğe sahip bitkilerdir.

- Çiçeğin yapısında dört organdan biri veya daha fazlası eksik olan çiçeklere **eksik çiçek** denir. Ceviz, kavak gibi bitkiler eksik çiçeğe sahiptir.
- Eksik çiçek, erkek organ taşıyorsa **erkek çiçek** denir.
- Dişi organ taşıyorsa dişi çiçek olarak adlandırılır.



Kivi bitkisi erkek çiçeği

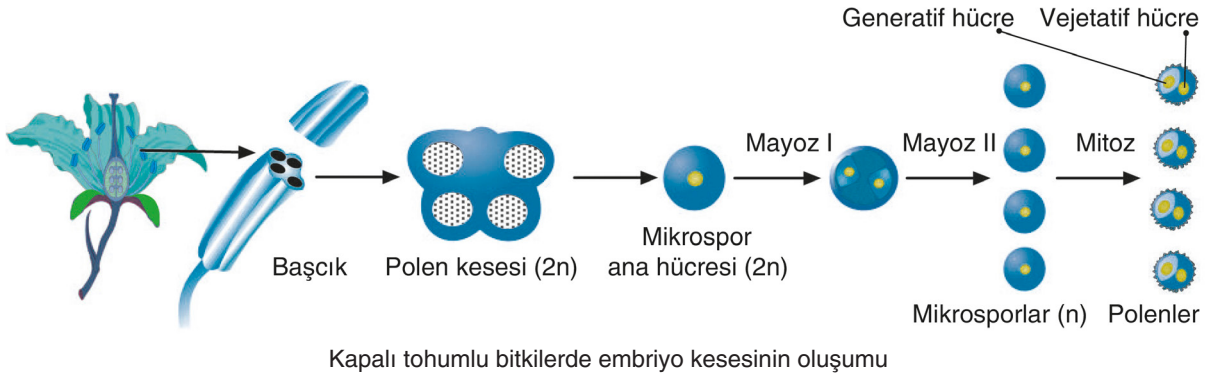


Kivi bitkisi dişi çiçeği

- Kapalı tohumlu bitkiler, erkek ve dişi çiçeğin aynı ya da farklı bitki üzerinde bulunmalarına göre **tek evcikli** (monoik) ve **çift evcikli** (dioik) olarak gruplandırılır.
- Dişi ve erkek çiçekler aynı bitki üzerinde bulunuyorsa böyle bitkilere **tek evcikli** (monoik) adı verilir. Kabak, karpuz, ceviz, mısır tek evcikli bitkilere örnektir.
- Erkek ve dişi çiçekler farklı bitkiler üzerinde bulunuyorsa bu bitkilere **çift evcikli** (dioik) denir. Hurma, incir, kivi, dut dioik bitkilere örnektir.

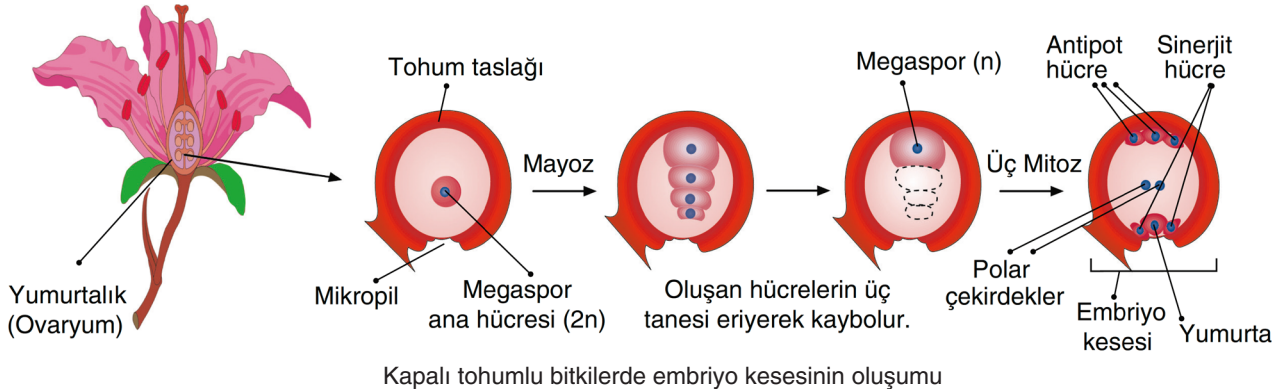
Erkek Üreme Hücrelerinin Oluşumu

- Erkek üreme hücrelerinin üretimi başçıkta gerçekleşir. Başçıkta, dört polen kesesi ve bu keselerin içinde çok sayıda polen ana hücresi bulunur.
- Polen ana hücreleri diploit ($2n$) kromozomludur. Polen ana hücresine **mikrospor ana hücresi** denir. Her mikrospor ana hücresi **mayoz** bölünme ile **mikrospor** adı verilen haploit (n) kromozomlu dört tane hücre meydana getirir. Her mikrospor mitoz bölünme geçirir. Bu mitoz bölünmede bir tanesi **vegetatif** (tüp) hücre diğeri ise **generatif** (üretken) hücre olarak adlandırılan iki hücre oluşur.
- Polenin olgunlaşması sırasında generatif hücre vegetatif hücrenin içine girer.
- Polenler farklı yapısal özelliklere sahiptir. Rüzgârla tozlaşan bitkilerin polenleri, genellikle hafif ve düz yüzeyle; böcek, kuş vb. canlılarla tozlaşan bitkilerin polenleri ise daha ağır, desenli ya da çıkıntılı bir yapıya sahiptir.
- Bitkilerde polen yapısı türe özgüdür. Bu nedenle bitkilerin sınıflandırılmasında polenlerin şekil, renk ve yapısal özelliklerine de bakılır.



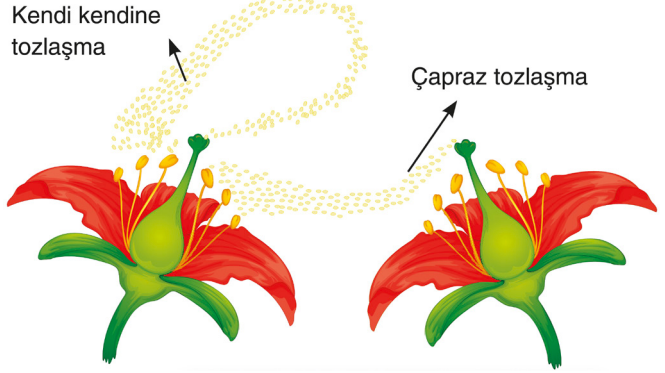
Dişi Üreme Hücrelerinin Oluşumu

- Dişi üreme hücresi, yumurtalıkta üretilir. Yumurtalığın içinde bir ya da daha fazla tohum taslağı bulunur.
- Tohum taslağı içinde diploit kromozomlu **megaspor ana hücresi** vardır. Bu hücre, **mayoz** bölünme geçirerek dört tane haploid kromozomlu megasporu oluşturur. Genellikle bu dört megaspor hücresinin üçü eriyerek yok olur. Geri kalan megaspor çekirdeği **sitokinez** olmadan **üç kez mitozla** bölünür böylece **sekiz haploit** çekirdeğe sahip büyük bir hücre meydana gelir. Çok çekirdekli bu hücre, daha sonra embriyo kesesini oluşturmak için zarlarla bölünür.
- Bunlardan üçü bir kutba yerleşir, bunlara **antipot** hücreler denir. Diğer üçü ise ovaryum açıklığının olduğu taraftaki zıt kutba yerleşir. Bu üç hücreden ortadakine yumurta hücresi, yumurta hücresinin iki yanında bulunan hücrelere de **sinerjit** hücreler denir. Zarla çevrili olmayan iki çekirdek ise ortaya gelir ve bu çekirdekler **polar çekirdekler** ($n+n$) olarak adlandırılır.
- Polar çekirdeklerin etrafında zar oluşmaz. Sonuçta tohum taslağının döllenmeye hazır hâle geldiği altı hücre ve sekiz çekirdekten oluşan bu yapıya **embriyo kesesi** denir.



TOZLAŞMA

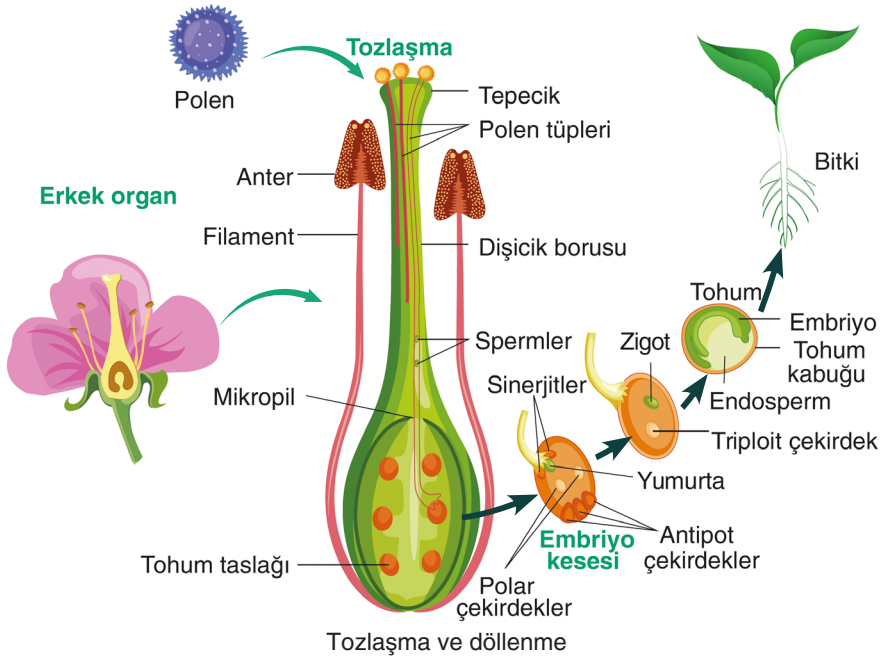
- Erkek organda oluşan ve olgunlaşan polenlerin böcekler, kuşlar, rüzgâr, su vb. etkenlerle dişi organın tepcik kısmına taşınmasına **tozlaşma** (polinasyon) denir.
- Rüzgârla tozlaşan bitkilerin üreme organları genellikle gösterişsiz ve küçük yapıdadır ancak polen sayısının çok olması tozlaşmayı garanti altına alır. Buğday, ceviz, çam, kavak ve çimlerde rüzgârla tozlaşma görülür.
- Çiçekli bitkilerin büyük bir kısmında tozlaşma böcek, kuş ve yarası gibi diğer tozlaştırıcı hayvanlarla gerçekleşir. Bitkilerin çiçekleri salgıladıkları değişik kokularla, ürettikleri bal özü gibi maddelerle, parlak ve güzel renkleriyle tozlaştırıcı hayvanları kendine çeker.
- Bir çiçeğin dişi organına aynı çiçekten veya aynı bitkinin başka çiçeğinden polenlerin taşınmasına **kendi kendine tozlaşma** denir.
- Bir bitkinin çiçeğindeki polenin aynı türden başka bir bitkinin dişi organına taşınmasına ise **çapraz tozlaşma** denir.



Aynı tür bitki çiçeklerinde kendi kendine ve çapraz tozlaşma

DÖLLENME

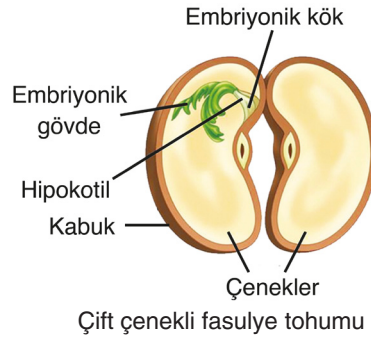
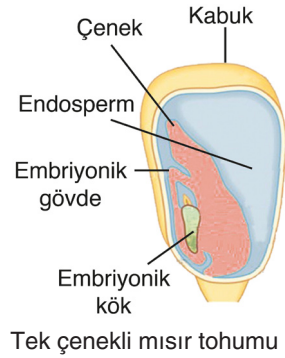
- Tozlaşma ile polen, dişi organın tepciğine gelir. Nemli ve yapışkan olan tepciğin üzerinde su alarak çimlenir ve polenin vejatif hücresi polen tüpünü oluşturur. Polen tüpü spermi ovaryuma ileten hücresel bir çıkıntı şeklindedir. Bu çıkıntı dişikik borusunun içine doğru uzanarak polen tüpünü oluşturur. Polen tüpü, sinerjitler tarafından üretilen kimyasal uyarana cevap verip, dişi organın tepcik kısmından aşağıya doğru büyüyerek embriyo kesesine ulaşır. Oluşan polen tüpünde ilerleyen generatif hücre, bir mitoz bölünme geçirerek haploid kromozomlu iki sperm oluşturur. Sperm, polen tüpündeki tohum taslağının **mikropil** adı verilen açıklığına ulaştığında tüpün ucu erir ve sperm yumurtalığa girer.



- Sperm hücrelerinden biri, yumurta hücresini dölleyerek diploit kromozomlu zigotu ($2n$) oluşturur. Diğer sperm hücresi ise iki polar çekirdek ile birleşerek triploit çekirdeği ($3n$) oluşturur. Embriyo kesesinde iki sperm farklı çekirdeklerle birleşmesi olayına **çift dölleme** denir. Zigot, embriyoyu oluşturmak için mitoz bölünmeler geçirir. Triploit çekirdek ise hızla mitoz bölünmeler geçirerek tohumun besinlerinin depolanacağı **endosperm dokusunu** (besi dokusu) oluşturur.

TOHUM OLUŞUMU

- Tohum; tohumlu bitkilerin üreme ve yayılmasını sağlayan, tohum taslağının farklılaşması ile oluşan yapıdır.
- Tozlaşma ve döllenmeden sonra her bir tohum taslağı bir tohuma dönüşür. Bu işlem sırasında hem endosperm hem de embriyo gelişir. Olgun bir tohum dıştan içe doğru tohum kabuğu, besi doku (endosperm) ve uyku hâlindeki embriyodan oluşur.
- Tohum kabuğu, tohum taslağı örtüsünün gelişmesiyle oluşur ve tohumu dış etkilere karşı korur.
- Endosperm, çoğunlukla embriyodan önce gelişmeye başlar. Endosperm; karbonhidrat, yağ veya protein gibi besin maddelerini depolar ve embriyoya çenekler aracılığı ile besin sağlar. Örneğin fasulye gibi bazı çift çenekli bitkilerde ise endospermin besin kaynakları, tohum gelişimini tamamlamadan önce çeneklere gönderilir. Sonuç olarak olgunlaşan tohumda endosperm çeneklerde bulunur. Böyle bitkilerde çimlenme için gerekli besin, çeneklerden sağlanır.
- Embriyo, zigotun çok sayıda mitoz geçirmesiyle oluşur. Embriyonun yapısında **embriyonik kök**, **embriyonik gövde** ve **çenek adı** verilen yapılar bulunur. Embriyonik kök bitkinin kök sistemini, embriyonik gövde ise sürgün sistemini oluşturur. Tohumlu bitkilerde embriyoyu kaplayan etli kısma **çenek** denir. Çenekler, tohum gelişirken endospermden besin emer ve çimlenme sırasında bunları embriyoya iletir. Tohum taslağında iki çenek bulunduran bitkilere **çift çenekli** bitkiler, bir çenek bulunduran bitkilere ise **tek çenekli** bitkiler denir.



MEYVE OLUŞUMU

- Döllenme olayından sonra çanak ve taç yapraklar dökülür. Erkek ve dişi organlar solar. Tohumu kuşatmış olan ovaryum etlenerek şişkinleşir ve meyveye dönüşür.
- Meyve, uyku hâlindeki tohumların korunmasını ve yayılmasını sağlayacak şekilde özelleşmiş yapıdadır.
- Meyveler; **basit meyve**, **küme meyve** ve **bileşik meyve** olmak üzere üç gruba ayrılarak incelenir.

⇒ Basit meyve

Bir çiçeğe ait tek bir yumurtalığın gelişmesiyle oluşan meyveye denir. Örneğin portakal, limon, kayısı, üzüm, erik, bezelye, bakla ve kiraz gibi meyveler basit meyvelerdir.

⇒ Küme meyve (agregat)

Bir çiçeğe ait birbirinden ayrı yumurtalıkların bir bütün olarak gelişmesiyle oluşan meyvelerdir. Örneğin çilek, dut, böğürtlen gibi meyveler küme meyvelerdir.

⇒ Bileşik meyve

Bir çiçek sapına bağlı birden fazla çiçeğe ait yumurtalıkların bir bütün olarak gelişmesiyle meydana gelen meyvelere denir. Ananas bileşik meyvelere örnek verilebilir.

- Bazı kapalı tohumlu bitkilerde yalnız yumurtalığın gelişmesiyle oluşan meyvelere **gerçek meyve** denir. Kiraz gerçek meyveye örnektir.
- Yumurtalıkla birlikte çiçeğin diğer kısımlarının da meyve oluşumuna katılmasıyla oluşan meyvelere **yalancı meyveler** denir. Çilek, elma ise yalancı meyveye örnektir.



Kiraz (basit meyve)



Böğürtlen (küme meyve)



Ananas (bileşik meyve)



Elma (yalancı meyve)

TOHUMUN ÇİMLENMESİ

- Olgunlaşmış tohumdaki embriyonun uygun koşullarda yeni bitkiyi oluşturmak üzere tohum kabuğunu çatlatarak dışarı çıkıp gelişmesine **çimlenme** denir.
- Çimlenme sırasında embriyonun ihtiyacı olan besin, besi doku tarafından karşılanır. Çünkü bu esnada embriyo fotosentez yapamaz.
- Çimlenme sırasında embriyo büyüklüğü, metabolik etkinlik hızı, solunum hızı, su emilimi, hücre sayısı, yeni dokuların oluşumu artarken çenek büyüklüğü ve bitkinin kuru ağırlığı azalır.
- Çimlenen tohumdan ilk olarak **embriyonik kök** çıkar.
- Çift çenekli bitkilerin çoğunda ve soğan gibi bazı tek çenekli bitkilerde çenekler, çimlenme sırasında topraktan dışarı çıkar.
- Çift çenekli bir bitki olan fasulyede tohum içinde kalan embriyonik gövde yukarı doğru büyürken çenekleri de toprak üstüne doğru iter.
- Tek çenekli bitkilerin çoğunda ve bezelye gibi çift çenekli bazı bitkilerde endosperm çimlenme sırasında toprak altında kalır. Tek çenekli bir bitki olan mısırdaki embriyonik gövde doğrudan toprak üstüne çıkarak gelişir. Endosperm ise toprağın altında kalır.



Dikotil fasulye bitkisinde çimlenme



Monokotil mısır bitkisinde çimlenme



Dikotil bezelye bitkisinde çimlenme

Çimlenmeye Etki Eden Faktörler

Tohumların çimlenmesine **çevresel** ve **genetik** faktörler etki eder.

Çevresel faktörler;

- ⇒ sıcaklık,
- ⇒ su,
- ⇒ oksijendir.

Sıcaklık

- Çimlenme süresini düzenleyen en önemli faktörlerden biridir. Tohumda su emilimini, enzim etkinliğini ve difüzyonu etkilediği için çimlenmeyi de etkiler. Genellikle birçok bitki tohumu belirli bir sıcaklık aralığında çimlenir.
- Minimum bir sıcaklığın altında veya maksimum bir sıcaklığın üstünde çimlenme gerçekleşmez.
- Bitkilerin çimlenmesi için en uygun sıcaklık yaklaşık 25 °C civarındadır.
- En düşük çimlenme sıcaklığı 5 °C dolaylarındadır.

Su

- Tohumlar yaklaşık olarak %5 ile %15 arasında su içermektedir. Su oranı %15'in üzerine çıkmadan tohumda metabolik reaksiyonlar oluşmaz.
- Tohumun su emmesiyle çimlenme için gerekli metabolik faaliyetler başlar.
- Tohuma giren su, depolanmış besinlerin sindirimi için gerekli enzimleri aktive eder. Suyun alınması sonucu hücreler genişler ve büyümeye başlar.
- Doğal koşullarda tohumun çimlenmesi için gerekli su topraktan alınır. Topraktaki suyun önemli bir kısmı toprak partiküllerince tutulduğu için tohum tarafından kullanılamaz. Topraktaki suyun kullanılması toprağın cinsine göre değişir.
- Toprağa aşırı gübre verilmesi ya da topraktaki suyun yetersiz olması durumunda, ortamdaki tuz miktarı artacağı için tohumda çimlenme gerçekleşmeyebilir.

Oksijen

- Çimlenme sırasında embriyo hücrelerinin oksijen ihtiyacı artar. Bu hücreler, henüz fotosentez başlamadığından ihtiyacı olan oksijeni dışarıdan sağlar.
- Ancak kabuk parçalandıktan sonra metabolik faaliyetlerde kullanılan enerji, oksijenli solunumla sağlanır.
- Su altında kalan bazı topraklar yeterli oksijen içermez ve bu ortamdaki birçok bitkinin tohumları çimlenmeyi gerçekleştiremez. Ancak su kamışı gibi bazı bataklık bitkileri, oksijenin az bulunduğu bataklık koşullarında yaşayabilir.

DORMANSİ VE ÇİMLENME ARASINDAKİ İLİŞKİ

- Tohumda büyümenin ve gelişmenin askıya alındığı, embriyoda metabolik hızın son derece düşük olduğu duruma tohum **dormansisi** denir. Tohumlar çimleninceye kadar **dormansi** (uyku hâli) hâlinde kalır.
- Tohumların dormansi hâlinde kalmasının nedeni fidelerin hayatta kalması için yeterli miktarda ışık, sıcaklık ve nem olduğu dönemde tohumun çimlenmesini sağlamaktır.
- Uyku hâlindeki bir tohumun canlı kalma süresi ve çimlenme yeteneği; tohumda depolanan besin miktarı ve çeşidine, tohum kabuğunun dayanıklılığına ve çevresel koşullara bağlı olarak birkaç gün ya da yıllarca sürebilir.
- Tohumun dormansi hâlinde kalması çevresel faktörler dışında tohumda bulunan absisik asit miktarıyla ilişkilidir. Tohumun olgunlaşması sırasında absisik asit yüz kat artar. Su oranı %15'in altına düşer. Absisik asit, su stresine karşı embriyoyu korur. Bu durum çimlenmeyi engeller. Çevresel faktörler absisik asidin etkisizleşmesine neden olabildiği gibi absisik asidin giberellin hormonuna oranı da tohumun dormanside kalıp kalmamasında etkilidir. Çevresel ve hormonal faktörler uygun hâle geldiğinde tohum, dormansi evresinden çıkar ve çimlenir.

CANLILAR VE ÇEVRE

Varyasyon

Bir popülasyonda bireyler arasında renk, fizyolojik yapı, davranış gibi özellikler farklı olabilir. Organizmanın göz rengi, kürk rengi gibi dış görünüşü ve kan grubu, davranışları, hastalıkları gibi özelliklerinin tamamı **fenotip** adını alır. Bir organizmanın fenotipini o canlıya ait genetik faktörler ve çevresel faktörler belirler. Hem genetik hem de çevre etkisi ile gerçekleşen aynı türün bireyleri arasındaki farklılıklara **varyasyon** denir.

- Uğur böceklerinde görülen renk ve benek sayısındaki farklılıklar, biber bitkisinde görülen renk farklılıkları varyasyona örnek olarak verilebilir.



Uğur böceklerinde varyasyon



Biber bitkisinde varyasyon



Salyangoz kabuklarında varyasyon

- Genetik varyasyonların nedenleri mayoz bölünmede gerçekleşen **krossing over**, **homolog kromozomların rastgele dağılımları**, **dölleme** ve **mutasyon**lardır.
- Göz rengi, kan grupları, dil yuvarlayabilme ya da yuvarlayamama gibi özellikler genetik varyasyonlardır. Bu varyasyonlar kalıtsaldır ve eşeyli üremeyle dölden dölle aktarılır.
- Çevresel faktörlerin genler üzerindeki etkisi sonucu ortaya çıkan varyasyonlar, üreme hücrelerinde olursa dölden dölle aktarılır. Vücut hücrelerinde meydana gelen değişiklikler kalıtsal değildir.

Mutasyon

Bir organizmanın DNA'sında ya da RNA'sındaki nükleotit dizisinde meydana gelen değişikliğe **mutasyon**, değişime neden olan etmenlere ise **mutajen** denir.

- Mutasyona **radasyasyon**, **ultraviyole ışınları**, **X ışınları**, **radioaktif maddeler**, **bazı kimyasal maddeler**, **ilaçlar** ve **virüsler** sebep olabilmektedir.
- Mutasyonlar **faydalı**, **zararlı** veya **nötr** olabilir. Canlıya olumlu veya olumsuz herhangi bir etkisi olmayan mutasyonlara **nötr mutasyon**, canlının yaşamını sürdürdüğü ortamdaki uyum yeteneğini artıran mutasyonlara **yararlı mutasyon** denir. **Zararlı mutasyonlar** ise canlıların hastalanmasına ya da ölümüne neden olabilir.



Elmada mutasyon



Kaplumbağada mutasyon

Doğal Seçilim

- Canlıların yaşadığı ortam koşulları çeşitli nedenlerden sürekli değişir. Çevredeki değişikliklere uyum sağlayamayan organizmaların hayatta kalması veya çoğalması olası değildir. Ayrıca popülasyondaki bireyler arasında doğadaki kaynakları kullanabilmek ve yaşayabilmek için sürekli bir rekabet vardır. Ortam koşullarına uyum sağlayabilenler yaşama-ya devam ederken uyum sağlayamayanlar mücadeleyi kaybeder.
- Belirli kalıtsal özelliklere sahip bireylerin özelliklerinden dolayı diğer bireylere göre yaşama ve üreme olasılıklarının daha yüksek olması durumuna **doğal seçilim** adı verilir.

Adaptasyon

- Bir bireyin bulunduğu ortam şartlarında yaşama ve üreyebilme şansını artıran kalıtsal özelliklerin tamamına **adaptasyon** denir. Doğal seçim yoluyla meydana gelen değişim süreci adaptasyonu oluşturur.
- Adaptasyonlar yapısal, korunma, taklit etme ve davranışsal olabilir.
- Uyum sağlayabilenlerin sadece hayatta kalması değil gelişmesi ve üremesi de olasıdır. Yavrular, doğdukça ebeveynlerinden aktarılan avantajlı genetik özelliklere sahip olacaklardır. Bukalemunların bulunduğu yere göre renk değiştirerek düşmanlarından korunması, nilüfer bitkisinin geniş yapraklara sahip olması sayesinde yapısındaki fazla suyu terleme ile dışarı atması, sukulent bitkisinin yaprağında veya gövdesinde su depolayarak kurak ortama uyum sağlaması gibi özellikler adaptasyona örnek olarak verilebilir.



Bukalemunda adaptasyon



Nilüfer bitkisinde adaptasyon



Sukulent bitkisinde adaptasyon

Yapay Seçilim

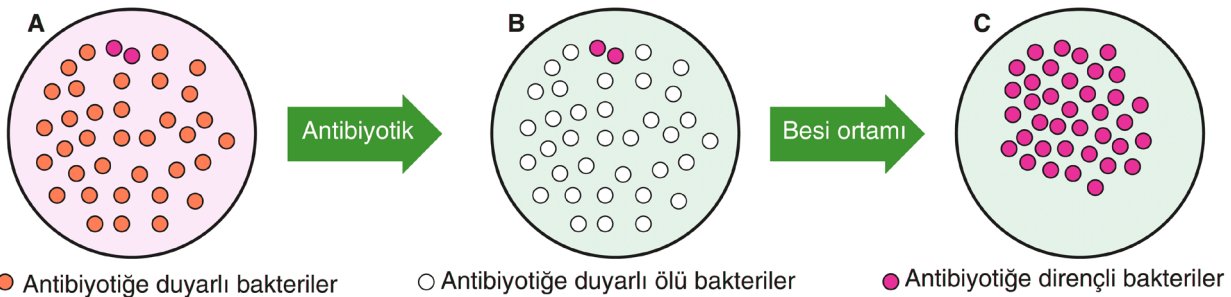
İnsanların bilinçli ve amaçlı olarak bir organizmanın belli özelliklerini seçmesi ve kontrollü olarak yetiştirmesi sürecine **yapay seçim** denir.

Yapay seçim uygulanabilecek durumları şöyle sıralayabiliriz:

- Hastalığı ortadan kaldırmak
- Dönüm başına verimi artırmak
- Ekosistem içindeki rekabeti azaltmak
- Gamet seviyesinde genetik varyasyon oluşturmak

Bakterilerin Antibiyotiklere Karşı Direnç Geliştirmesi

- Bakteri kökenli hastalıklarla mücadelede antibiyotikler kullanılmaktadır.
- Antibiyotiklerin yanlış seçilmesi, sık kullanılması ve kullanım süresine uyulmaması bakterilerin antibiyotiğe direncini artırmaktadır.
- Antibiyotik tedavilerinde zayıf olan bakteriler antibiyotiklerden etkilenecek yok olmakta, güçlü olanlar hayatta kalıp varlığını devam ettirmektedir. Başka bir ifadeyle **doğal seçilime** uğramaktadır.



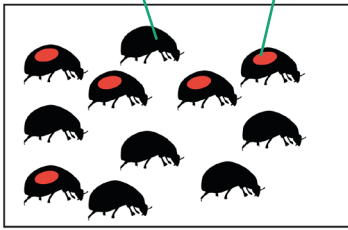
- Yaşamını devam ettiren bakteriler **konjugasyon** (gen transferi) ile bu özelliği diğer bakterilere aktarmaktadır. Bu nedenle kullanılan antibiyotik bu bakterilerle mücadelede etkisiz kalmaktadır.

Pestisitlerin Etkileri

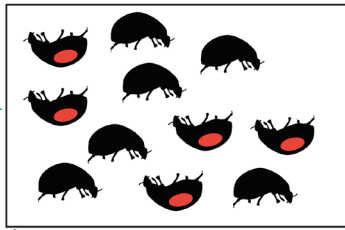
Pestisit (canlıkırıcı), **pest** (haşarat) adı verilen zararlıları öldürmek amacı ile kullanılan maddedir. **İnsektisit** (böcek öldürücü), **herbisit** (yabani ot öldürücü), **fungusit** (mantar öldürücü) gibi pestisitler; çok eski tarihlerden beri tarım alanında bit, pire, sinek, ayrık otu gibi zararlılara karşı kullanılmaktadır. İnsektisitlere karşı direnç kazanan böcekler de doğal seçilime örnek olarak verilebilir. İnsektisitlerin yaygın kullanımı, böceklerin uyum sağlayarak bu insektisitlere karşı direnç kazanmasına sebep olmaktadır.

İnsektisite karşı
dirençli gene
sahip böcekler

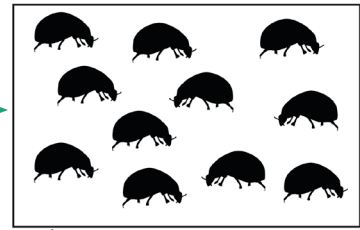
İnsektisite karşı
dirençli gene sahip
olmayan böcekler



İnsektisite uygulaması yapılır.



İnsektisite karşı dirençli bireyler
hayatta kalırken dirençsiz
olanlar ölür.



İnsektisite karşı dirençli
bireyler yeni nesil oluşturur.

Böceklerde insektisit direnci

DDT günümüzde kullanılması yasaklanmış bir insektisittir. DDT, ilk kullanıldığı yıllarda sineklerle mücadelede etkili olmuş ancak az sayıda da olsa bazı sinekler DDT'den etkilenmemiştir. Bu sinekler, sahip olduğu kalıtsal farklılıklar sayesinde yaşamaya ve üremeye devam etmiştir. Böylece DDT kullanılan bölgede dayanıklı bireylerin sayısı artmış ve bu sineklerle karşı DDT'nin etkisi azalmıştır. Dayanıklı sinekler, başlangıçta çok az sayıda olmasına rağmen zamanla çoğalmıştır. DDT'nin kullanımı, dayanıklı bireylerin çoğalmasını sağlayan etkin bir faktör olmuştur.

Tarım ve Hayvancılıkta Yapay Seçilim Uygulamaları

Bir türe ait canlılarda insanlar tarafından istenilen bazı özelliklerin seçilmesi ve kontrollü olarak yetiştirilmesine **yapay seçilim** denir. Yapay seçilimin birçok uygulaması vardır.

- Günümüzde görülen çok farklı köpek çeşitliliği, insanların seçimleri nedeniyle ortaya çıkmıştır. Avcılık veya çobanlıkta kullanılmak üzere yapay seçilim uygulanarak özel köpekler yetiştirilir.
- Brassica oleracea* [Brassica olerase (yabani hardal)] bitkisinin farklı kısımlarının kullanılması ile yapay seçilimle karnabahar, yer lahanası, brüksel lahanası, lahana, brokoli ve karalahana vb. sebzeler üretilmiştir.



<i>Brassica oleracea</i> (yabani hardal)	Karnabahar	Alabaş	Brüksel lahanası	Lahana	Brokoli	Mangır
Seçilen özellik	Çiçek tomurcukları	Kök	Yanal yaprak tomurcukları	Uç yaprak tomurcukları	Çiçek tomurcukları ve kökler	Yapraklar



- Besin değeri yüksek et ve süt verimine sahip olan sığır, koyun vb. hayvanların yine aynı özellikteki hayvanlarla çiftleştirilmesi ile et ve süt verimi yüksek hayvanlar elde edilir.
- Dünyaca ünlü İngiliz yarış atları, Arap atlarının en hızlı ve güçlülerinin çiftleştirilmesiyle üretilir.
- İnsanlar tarafından yapay olarak seçilmiş ve yetiştirilmiş hayvan ve bitki türleri **kültür** olarak adlandırılır.

